

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Matej Požega

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Dr. sc. Neven Pavković, dipl. ing.

Student:

Matej Požega

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Nevenu Pavkoviću na pomoći i suradnji tijekom izrade diplomskog rada.

Također se zahvaljujem obitelji na potpori te djevojci na strpljenju i podršci tijekom diplomskog studija.

Matej Požega



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Matej Požega**

Mat. br.: 0035183066

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uređaj za čišćenje snijega na baterijski pogon**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Battery powered snow cleaning device**

Opis zadatka:

Koncipirati i konstruirati uređaj (puhalicu) za čišćenje snijega na pogon baterijom koja se sastoji od „puža“ koji grabi snijeg i rotora koji zatim ispuhuje snijeg.

Domet bacanja snijega treba biti oko 5 m, vrijeme rada za jedno punjenje baterije cca 50 min. Usmjerivač za ispuhivanje snijega treba biti ručno podesiv za kut od 180 °. Širina zahvata uređaja treba biti cca 45 cm.

Energiju baterije treba koristiti samo za zahvaćanje i odbacivanje snijega, a za kretanje uređaja koristiti ljudski rad.

Pri koncipiranju i konstruiranju treba posebno voditi računa o sigurnosti rukovatelja strojem.

U radu treba:

1. Analizirati postojeće uređaje na tržištu i parametre prikladnih baterija;
2. Koncipirati više varijanti rješenja, usporediti ih i vrednovanjem odabrati najpovoljnije;
3. Izraditi detaljno konstrukcijsko rješenje odabrane varijante koncepta;
4. Izraditi računalni model uređaja u 3D CAD sustavu;
5. Izraditi tehničku dokumentaciju, pri čemu će se opseg konstrukcijske razrade dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

17. studenog 2016.

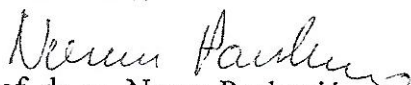
Rok predaje rada:

19. siječnja 2017.

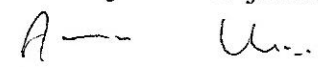
Predviđeni datumi obrane:

25., 26. i 27. siječnja 2017.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednica Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	X
SUMMARY	XI
1. Uvod	1
1.1. Samostalni uređaji za čišćenje snijega	2
1.1.1. Jednofazni uređaji	3
1.1.2. Dvofazni uređaji.....	3
2. Analiza tržišta	4
2.1. Baterijski uređaji za čišćenje snijega	5
2.1.1. Električne lopate za snijeg	5
2.1.2. Jednofazni baterijski uređaji	6
2.1.3. Dvofazni baterijski uređaji.....	7
2.2. Baterije	8
2.2.1. LiFePO ₄ baterije.....	10
3. Definiranje cilja razvoja proizvoda	11
Tehnički upitnik:	11
3.1. Ciljevi razvoja	14
3.2. Tehničke karakteristike	14
4. Generiranje koncepata	15
4.1. Koncept 1	19
4.2. Koncept 2	20
4.3. Koncept 3	21
4.4. Vrednovanje koncepata.....	22
5. Konstrukcijska razrada odabranog koncepta	23
5.1. Odabir baterije.....	23
5.2. Odabir motora	24
5.3. Proračun kapaciteta uređaja	25
5.3.1. Vrijeme rada s jednim punjenjem baterije	25
5.3.2. Kapacitet čišćenja snijega	26
5.3.3. Visina snijega koju uređaj može očistiti	27
5.3.4. Površina koju je moguće očistiti s jednim punjenjem baterije.....	29
5.4. Proračun remenskog prijenosa	30
5.4.1. Odabir remena.....	30
5.4.2. Izračun prijenosnog omjera.....	32
5.4.3. Proračun zatezne remenice.....	33
5.4.4. Proračun opruge zatezne remenice	36

5.5. Proračun vratila	39
5.5.1. Proračun vratila svrdla	39
5.5.2. Provjera izlaznog vratila motora	41
5.6. Proračun ručki	42
5.7. Odabir ležajeva	46
5.7.1. Ležajevi gonjenog vratila.....	46
5.7.2. Ležaj zatezne remenice	47
5.8. Odabir kotača	47
5.9. Odabir prekidača za pokretanje uređaja	48
5.10. Lopatice za izbacivanje snijega.....	48
5.11. Izbor materijala konstrukcije	49
5.11.1. Metalni dijelovi	49
5.11.2. Plastični dijelovi.....	49
5.12. Opis konačnog rješenja	49
6. Zaključak	52
LITERATURA.....	53
PRILOZI.....	55

POPIS SLIKA

Slika 1.	Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom u RH.....	1
Slika 2.	Kamionska ralica (lijevo) i kamionski čistač (desno)	2
Slika 3.	Jednofazni čistač.....	3
Slika 4.	Dvofazni čistač	3
Slika 5.	Električna lopata za snijeg.....	5
Slika 6.	Jednofazni baterijski uređaj.....	6
Slika 7.	Dvofazni baterijski uređaj	7
Slika 8.	Funkcijska struktura	16
Slika 9.	Koncept 1	19
Slika 10.	Koncept 1 - izometrijski prikaz	19
Slika 11.	Koncept 2	20
Slika 12.	Koncept 2 – izometrijski prikaz	20
Slika 13.	Koncept 3	21
Slika 14.	Koncept 3 – izometrijski prikaz	21
Slika 15.	PingBattery 48V 10AH V5 LIFEP04.....	24
Slika 16.	Smart Automation 110BLS01	24
Slika 17.	Odabir remena	31
Slika 18.	Specifikacije remena	31
Slika 19.	Srednji radijus lopatice svrdla	32
Slika 20.	Shema remenskog prijenosa.....	34
Slika 21.	Sile u remenu.....	34
Slika 22.	Sile na remenici	35
Slika 23.	Osnovne dimenzije remenskog prijenosa.....	36
Slika 24.	Potrebna sila u opruzi	36
Slika 25.	Sile na vratilu svrdla.....	39
Slika 26.	Udaljenost djelovanja sile od oslonca	40
Slika 27.	Sile na pogonskom vratilu	41
Slika 28.	Sile na ručkama	42
Slika 29.	Lokalni koordinatni sustav presjeka A-A.....	43
Slika 30.	Sile na presjeku A-A	43
Slika 31.	Lokalni koordinatni sustav presjeka B-B	44
Slika 32.	Sile na presjeku B-B.....	45
Slika 33.	Karakteristike ležaja vratila.....	46
Slika 34.	Karakteristike ležaja zatezne remenice	47
Slika 35.	Kotač Flymo 2015-F1-0003	47
Slika 36.	Flymo prekidač.....	48
Slika 37.	Lopatice montirane na vratilo.....	48
Slika 38.	Nosiva konstrukcija uređaja	49
Slika 39.	Montaža komponenata uređaja.....	50
Slika 40.	Strugač.....	50
Slika 41.	3D model uređaja, a)	51
Slika 42.	3D model uređaja, b).....	51

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba električnih lopata.....	6
Tablica 2. Usporedba jednofaznih baterijskih uređaja	7
Tablica 3. Specifikacije dvofaznog čistača	8
Tablica 4. Greenworks baterije	9
Tablica 5. Ryobi baterije	9
Tablica 6. Snow Joe baterije	9
Tablica 7. Bosch baterije	10
Tablica 8. LiFePO ₄ baterije	10
Tablica 9. Definicija cilja razvoja proizvoda	13
Tablica 10. Morfološka matrica	17
Tablica 11. Vrednovanje koncepata	22
Tablica 12. Specifikacije baterije	23
Tablica 13. Specifikacije motora.....	25
Tablica 14. Visine snijega koje je moguće očistiti	29

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

MP-2017-01	Uređaj za čišćenje snijega
MP-2017-01-01	Kućište
MP-2017-01-01-1	Srednje kućište
MP-2017-01-01-2	Stranje kućište
MP-2017-01-01-6	Čelični okvir
MP-2017-01-01-7	Nosač kotača
MP-2017-01-01-11	Klizač za vratašca
MP-2017-01-01-12	Vratašca
MP-2017-01-02	Sklop ručki
MP-2017-01-07	Pogonski sklop
MP-2017-01-07-04	Pogonska remenica
MP-2017-01-12	Zatezna remenica
MP-2017-01-15	Sklop gonjenog vratila
MP-2017-01-15-01	Zavareno vratilo
MP-2017-01-15-01-1	Vratilo
MP-2017-01-15-01-2	Središnji nosač
MP-2017-01-15-02	Bočni nosač lopatica
MP-2017-01-15-13	Gonjena remenica
MP-2017-01-21	Gornje kućište
MP-2017-01-25	Usmjerivač
MP-2017-01-26	Ručka usmjerivača

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
a	mm	osni razmak vratila
a_1	mm	potrebni osni razmak između pogonske i zatezne remenice
a_{1kon}	mm	odabrani osni ramak između pogonske i zatezne remenice
A	m ²	površina koja se očisti s jednim punjenjem baterije
A_1	m ²	površina koja se očisti najmanjom brzinom čišćenja
A_2	m ²	površina koja se očisti sa srednjom brzinom čišćenja
A_3	m ²	površina koja se očisti s najvećom brzinom čišćenja
A_s	m ²	površina koja se očisti u sekundi
b	m	širina zahvata uređaja
C_{bat}	Ah	kapacitet baterije
d_{CA}	mm	unutarnji promjer cijevi
d_{CB}	mm	unutarnji promjer cijevi
d_v	mm	promjer vratila
d_z	mm	promjer žice
D_1	m	promjer pogonske remenice
D_2	mm	promjer gonjene remenice
D_3	mm	promjer zatezne remenice
D_{CA}	mm	vanjski promjer cijevi
D_{CB}	mm	vanjski promjer cijevi
D_{sr}	mm	srednji promjer opruge
f	mm	opruženje, hod opruge
f_k	m	opruženje opruge nakon rastezanja remena
F_1	N	sila u vučnom ogranku remena
F_2	N	sila u slobodnom ogranku remena
F_3	N	tlačna sila zatezne remenice
$F_{3,dod}$	N	sila na zateznoj remenici nakon produženja opruge
F_{max}	N	maksimalna dopuštena radijalna sila na vratilu motora
$F_{O,k}$	N	sila u opruzi u konačnom položaju

$F_{O,p}$	N	sila u opruzi u početnom položaju
F_{opr}	N	potrebna sila u opruzi
$F_{opr,dod}$	N	potrebna sila u opruzi nakon produljenja remena
F_P	N	sila za podizanje snijega
F_R	N	rezultantna sila na vratilu
F_{R1}	N	rezultantna sila na vratilu motora
F_{ruc}	N	sila na ručkama
F_x	N	sila u smjeru osi x
F_{x1}	N	sila u smjeru osi x
$ F_{xA} $	N	sila u smjeru osi x_A
$ F_{xB} $	N	sila u smjeru osi x_B
F_y	N	sila u smjeru osi y
F_{y1}	N	sila u smjeru osi y
$ F_{yA} $	N	sila u smjeru osi y_A
$ F_{yB} $	N	sila u smjeru osi y_B
g	m/s ²	univerzalna gravitacijska konstanta
G	N/mm ²	modul klizanja materijala
G_1	N	težina pogonske remenice
G_{rem}	N	težina gonjene remenice
h	m	visina izbacivanja snijega
h_s	m	visna snijega
H	m	domet vertikalnog hitca
i_f	-	broj navoja s opružnim djelovanjem
i_{RP}	-	odabrani prijenosni omjer
$i_{RP,p}$	-	potrebni prijenosni omjer remenskog prijenosa
$I_{N,mot}$	A	nazivna struja motora
k	-	faktor za vlačne i tlačne vijčane opruge
L_A	mm	udaljenost na presjeku A-A
L_B	mm	udaljenost na presjeku B-B
m_s	kg	masa snijega
M_f	Nmm	moment savijanja

M_{fA}	Nmm	moment savijanja u presjeku A-A
M_{fB}	Nmm	moment savijanja u presjeku B-B
M_t	Nm	moment torzije
n_M	o/min	broj okretaja motora
n_S	o/min	broj okretaja svrdla
P_M	W	snaga motora
P_P	W	snaga za podizanje snijega
P_S	W	snaga dostupna za čišćenje
$Q_{m,S}$	kg/s	kapacitet uređaja u sekundi
$Q_{m,Smin}$	kg/min	kapacitet uređaja u minuti
Q_S	kg/s	kapacitet uređaja
$Q_{v,S}$	m ³ /s	volumni kapacitet uređaja
r_1	m	polumjer pogonske remenice
r_s	mm	srednji radijus svrdla
S_A	-	sigurnost presjeka A-A
S_B	-	sigurnost presjeka B-B
v	m/s	brzina čišćenja
v_0	m/s	početna brzina vertikalnog hitca
$v_{0,stv}$	m/s	stvarna brzina izbacivanja snijega
v_1	m/s	odabrana brzina čišćenja
v_2	m/s	odabrana brzina čišćenja
v_3	m/s	odabrana brzina čišćenja
v_R	m/s	brzina remena
W	mm ³	moment otpora
W_A	mm ³	moment otpora na presjeku A-A
W_B	mm ³	moment otpora na presjeku B-B
W_P	J	rad podizanja snijega
W_t	mm ³	torzijski moment otpora
t	s	vrijeme podizanja snijega
t_r	h	vrijeme rada s jednim punjenjem
T_M	Nm	moment izlaznog vratila motora

α_0	-	odnos naprezanja na savijanje i uvijanje
β	rad	obuhvatni kut na pogonskoj remenici
2φ	°	kut zatezne remenice
$2\varphi_1$	°	smanjeni kut na zateznoj remenici
μ	-	faktor trenja između remena i remenice
η_{L0}	-	faktor iskoristivosti jednog ležaja
η_L	-	faktor iskoristivosti ležajeva
η_{RP}	-	faktor iskoristivosti remenskog prijenosa
η_{uk}	-	ukupni faktor iskoristivosti
δ_S	kg/m ³	gustoća snijega
σ_{A-A}	N/mm ²	naprezanje u presjeku A-A
σ_{B-B}	N/mm ²	naprezanje u presjeku B-B
σ_{dop}	N/mm ²	dopušteno normalno naprezanje opruge
$\sigma_{dop,v}$	N/mm ²	dopušteno naprezanje vratila
σ_{ekv}	N/mm ²	ekvivalentno naprezanje
σ_f	N/mm ²	naprezanje uslijed savijanja
σ_M	N/mm ²	vlačna čvrstoća materijala opruge
τ_{dop}	N/mm ²	dopušteno tangencionalno naprezanje opruge
τ_i	N/mm ²	idealno torzijsko naprezanje
τ_k	N/mm ²	maksimalno torzijsko naprezanje
τ_t	N/mm ²	tangencionalno naprezanje vratila
ω_M	s ⁻¹	kutna brzina izlaznog vratila motora
ω_S	s ⁻¹	kutna brzina svrdla
$\omega_{S,stv}$	s ⁻¹	stvarna kutna brzina svrdla

SAŽETAK

Tema diplomskog rada je koncipiranje i konstruiranje uređaja za čišćenje snijega na baterijski pogon. Navedeni su i opisani slični uređaji koji se pojavljuju na tržištu, vrste strojeva i njihova podjela, a osim toga navedene su i baterije koje bi se mogle koristiti za pokretanje ovakvog stroja. Napravljena je tehnička specifikacija proizvoda i postavljeni su ciljevi koji se očekuju od razvoja i na temelju toga je izrađena funkcijska struktura proizvoda. Rješenja za pojedine funkcije koje se pojavljuju u funkcijskoj strukturi prikazana su u morfološkoj matrici, a prema tome su napravljena tri različita koncepta. Vrednovanjem konceptata odabrano je najbolje rješenje koje je nakon toga detaljno razrađeno i konstruirano. Napravljen je proračun kapaciteta i nosivosti ključnih dijelova, odabrani su standardni kataloški dijelovi te je izrađen računalni 3D CAD model uređaja i tehnička dokumentacija u softverskom paketu SolidWorks.

Ključne riječi: snijeg, puhalica, čišćenje snijega, baterije, električna energija

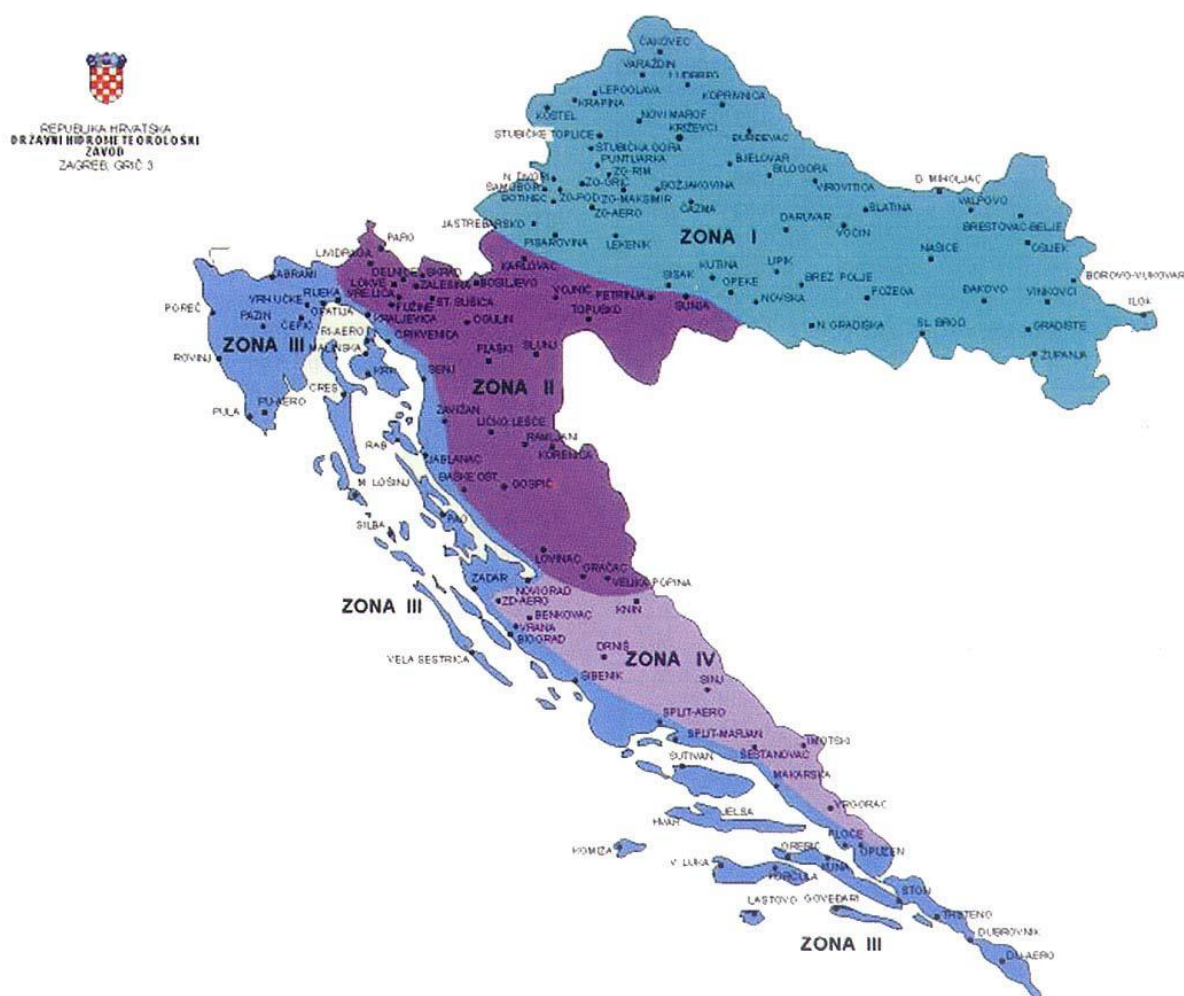
SUMMARY

Topic of this master thesis is design and development of a battery powered snow cleaning device, also known as snow blower. There are different types of snow cleaning devices on the market and they are listed and described as well as battery types and models. Technical specification and the targets of development are set and the functional structure of the product is made based on those subjects. Possible solutions of functions listed in the functional structure are shown in the morphological matrix and there are three concepts developed based on it. Throughout concept evaluation best concept is selected for further design and development. Calculation of capacity and strength of key elements is carried out and standard elements are picked out. In the end, using SolidWorks software, 3D CAD model and technical documentation is made.

Key words: snow, snow blower, snow cleaning, snow removal, battery, electric energy

1. Uvod

Čišćenje snijega predstavlja značajan problem za veliku populaciju ljudi. U kontinentalnim predjelima Europe te samim time i u Republici Hrvatskoj, snježne oborine su česta pojava u zimskim mjesecima i tada dolazi do potrebe za čišćenjem prometnica, prilaza i ostalih javnih i privatnih površina s ciljem osiguravanja nesmetanog svakodnevnog života građana. U Hrvatskoj postoje četiri klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom, pri čemu se za svaku zonu razlikuju očekivane količine padalina, a osim o zoni, količina ovisi i o nadmorskoj visini [1]. Ovisno o količini padalina, različita područja imaju različite zahtjeve za čišćenjem i prema tome biraju strojeve koje će koristiti za čišćenje snijega.



Slika 1. Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom u RH

Razlikujemo ralice, koje guraju snijeg, i čistače snijega (bacače snijega, puhalice), koji snijeg izbacuju na okolni prostor. Svaka vrsta ima svoju primjenu, prednosti i nedostatke. Ralice su jednostavnije konstrukcije i zastupljenije su u svakodnevnoj upotrebi na javnim

prometnicama i na mjestima gdje ima dovoljno prostora za guranje snijega. S druge strane, bacači snijega su kompliciraniji uređaji i koriste se u situacijama u kojima nema mjesta za guranje snijega ralicom te treba osloboditi prostor odbacivanjem snijega dalje od mjesta koje se čisti. Pogodni su za čišćenje velikih količina snijega te nepristupačnih i skučenih prostora.



Slika 2. Kamionska ralica (lijevo) i kamionski čistač (desno)

Čistači mogu biti priključeni na vozilo ili radni stroj, a mogu biti i samostalni uređaji. Priključni uređaji se najčešće ugrađuju na traktore, kamione, bagere, velike kosilice, lokomotive i slične specijalizirane strojeve te su namijenjeni čišćenju velikih površina, dok samostalni uređaji služe za uklanjanje snijega sa manjih, užih i teže pristupačnih prostora. Pogodniji su za privatne korisnike koji žele očistiti prilaze kućama ili dvorišta bez da moraju imati poseban stroj na koji će ih priključiti, zauzimaju manje mjesta kod skladištenja i jednostavniji su za upotrebu i manevriranje.

1.1. Samostalni uređaji za čišćenje snijega

Kao što je rečeno, postoje samostalni i priključni čistači, a u ovom radu naglasak je na samostalnim čistačima.

I dok ideja o bacaču snijega potječe iz 19. stoljeća, pri čemu je prvi takav uređaj ugrađen na lokomotivu, prvi samostalni uređaj za čišćenje snijega izrađen je 1952., a predstavila ga je tvrtka Toro [3]. Od tad je krenula komercijalna proizvodnja ovakvih uređaja te su se tijekom godina razvili do današnjih modela.

Osnovna podjela samostalnih čistača snijega se uglavnom svodi na:

- jednofazne uređaje
- dvofazne uređaje

1.1.1. Jednofazni uređaji

Jednofazni uređaji snijeg izbacuju pomoću jednog rotora koji istovremeno zahvaća i izbacuje snijeg, jednostavnije su konstrukcije i manjeg kapaciteta te su namijenjeni manje zahtjevnim korisnicima. Pokretanje ovakvih uređaja se ostvaruje ljudskim radom (na guranje) i nemaju vlastiti pogon.



Slika 3. Jednofazni čistač

1.1.2. Dvofazni uređaji

Osnovna razlika ove vrste uređaja je što oni snijeg izbacuju u dvije faze. Najprije „puž“ grabi i zahvaća snijeg, a zatim rotor, koji možemo promatrati kao ventilator, izbacuje snijeg iz uređaja na željenu površinu. Osim toga, ovaj tip uređaja je samohodan, odnosno koristi snagu motora za pokretanje kotača. Zbog toga, kao i zbog većih dimenzija i kapaciteta, ovakvi uređaji koriste motore veće snage te su samim time robusniji, veći i teži, mogu očistiti puno veće površine i izbaciti snijeg mnogo dalje nego jednofazni čistači. Također, mogu se koristiti i na neasfaltiranim podlogama i teže pristupačnim terenima.



Slika 4. Dvofazni čistač

2. Analiza tržišta

Analizom tržišta biti će obuhvaćeni postojeći samostalni uređaji za čišćenje snijega pogonjeni električnom energijom iz baterija i baterije koje bi se mogle koristiti za pokretanje takvog uređaja.

Pošto su samostalni uređaji odabir kupaca koji žele što jednostavniji i lakši uređaj, sa što manjim dimenzijama kako bi zauzimali što manje prostora te niskim zahtjevima za održavanjem, električni uređaji se nameću kao sve popularniji izbor. Električna energija pruža tihi rad bez velikih vibracija i buke i to je nešto što je vrlo poželjna karakteristika kod velike većine korisnika, posebice iz razloga što se ovaj tip strojeva najčešće koristi u naseljima za čišćenje prilaza kućama te je poželjno da se tijekom čišćenja snijega stvara što manja buka. Osim toga, elektromotore praktički ne treba održavati jer ako ih usporedimo s motorima s unutarnjim izgaranjem, kojima je potrebna kontrola i izmjena ulja, često dolijevanje goriva, izmjene filtera zraka, ulja i goriva te niz drugih radnji tijekom životnog ciklusa, pokazuju se kao puno logičniji odabir za korisnika koji želi da mu stroj služi onda kada on to želi, bez velike pripreme i popratnih radova. Elektromotor omogućuje manje ukupne dimenzije uređaja što je dodatna pogodnost, a i ekološki je prihvatljiv, što je također vrlo bitna karakteristika kod velikog broja potencijalnih kupaca.

Prvi čistači snijega pokretani elektromotorom napajali su se električnom energijom iz gradske mreže i imali su nedostatak da su korisnici morali računati na to da imaju priključak za električnu energiju u blizini mjesta rada, odnosno da imaju dovoljno dugačak kabel koji će omogućiti napajanje uređaja. Upravo kablovi su bili jedna od značajnijih mana koju su potencijalni kupci navodili, zbog toga što su nespretni i smetaju pri radu, a mnogi se boje i da stroj prereže kabel te da dođe do strujnog udara. Razvojem baterija i tehnologije, na tržište su počeli dolaziti akumulatorski uređaji na kojima je uklonjen spomenuti nedostatak te su s te strane postali zanimljiviji kupcima. S druge strane, kod baterija je osnovni problem njihov kapacitet i masa pa je tim parametrima donekle ograničen stupanj razvoja ovog tipa uređaja i napredak ovisi o napretku baterijske tehnologije i konkurentnim cijenama baterijskih jedinica. Do danas su baterije postigle zadovoljavajuće karakteristike te se sve više upotrebljuju kod pokretanja ovakvih strojeva, iako još uvijek postoji mnogo mjesta za napredak. Naime, baterijski čistači snijega su gotovo isključivo jednofazni, dok su dvofazni tek u nastajanju i baterije će se općenito morati dodatno razvijati ne bi li se one češće mogle koristiti za strojeve većih dimenzija, kapaciteta i dužeg vremena rada pogonjene vlastitim motorom, odnosno samohodne.

U nastavku je prikazan pregled baterijskih strojeva koji se mogu pronaći na tržištu i baterija koje bi se mogle iskoristiti za razvoj novog baterijskog uređaja za čišćenje snijega.

2.1. Baterijski uređaji za čišćenje snijega

Pregled samostalnih čistača snijega napravljen je po grupama proizvoda, počevši od najjednostavnijih strojeva, takozvanih električnih lopata, preko jednofaznih čistača, sve do dvofaznih samohodnih čistača.

2.1.1. Električne lopate za snijeg

Ovaj tip uređaja je ulazni i najjednostavniji oblik koji se može pronaći na tržištu. Kako im i ime govori, izgledom podsjećaju na tradicionalnu lopatu za čišćenje snijega, samo što koriste lopatice za izbacivanje snijega. Uređaj je jednofazan i lopatice istovremeno zahvaćaju snijeg i izbacuju ga ispred lopate, odnosno u smjeru u kojem korisnik gura lopatu. Pošto je izbacivanje snijega direktno, nema mogućnosti podešavanje smjera i visine izbacivanja, već je snaga i daljina izbacivanja konstantna. Nude se modeli koji se priključuju na gradsku električnu mrežu i koji električnu energiju primaju putem kabela te baterijski uređaji s različitim karakteristikama i tipovima baterija.



Slika 5. Električna lopata za snijeg

Kako je tema rada baterijski čistač snijega, u nastavku su analizirane baterijske lopate za snijeg. Općenito, okvirne dimenzije ovakvih uređaja, odnosno širina lopata je oko 30 cm i

koriste se za približnu visinu snijega do 15 cm, a masa im je do 10 kg. Prikazana je usporedba osnovnih specifikacija uređaja koje nude dva različita proizvođača; Greenworks i Snow Joe.

Tablica 1. Usporedba električnih lopata

	Širina zahvata [cm]	Proračunska visina snijega [cm]	Kapacitet baterije [Ah]	Vrijeme rada [min]
Greenworks G-MAX 40V 12-Inch	30	10	4	40
Greenworks Pro 80V 12-Inch	30	10	2/4*	30/60*
Snow Joe iON 40-Volt Snow Shovel	33	15	4	52

*ovisno o vrsti baterije (kapacitet od 2 Ah ili 4 Ah)

2.1.2. Jednofazni baterijski uređaji

Kako je prethodno definirano, jednofazni uređaji snijeg čiste pomoću jednog rotora koji zahvaća i izbacuje snijeg, nisu samohodni nego koriste ljudski rad za pokretanje, a veći su i napredniji uređaji od električne lopate. Imaju mogućnost podešavanja visine i smjera izbacivanja snijega, a kapacitetom i mogućnostima ostvaruju zahtjeve širokog kruga korisnika.



Slika 6. Jednofazni baterijski uređaj

Analizirani su uređaji različitih proizvođača, a u Tablici 2. je prikazana usporedba osnovnih karakteristika strojeva koji se nude na tržištu.

Tablica 2. Usporedba jednofaznih baterijskih uređaja

	Greenworks Pro 80V 20-Inch DigiPro	Ryobi RY40812	Snow Joe iON18SB
Širina zahvata [cm]	51	51	46
Proračunska visina snijega [cm]	25	25	10
Vrijeme rada [min]	45	45	52
Domet izbacivanja [m]*	6	7,5	6
Napon baterije [V]	80	40	40
Kapacitet baterije [Ah]	2	4	4
Kotači	7" (18cm)	6,5" (16,5 cm)	6" (15 cm)
Masa [kg]	-	15,8	14,3

*ovisno o vrsti snijega, približno

2.1.3. Dvofazni baterijski uređaji

Na tržištu je pronađen tek jedan uređaj ovoga tipa i ova vrsta uređaja će se dodatno razvijati kako bude napredovala baterijska tehnologija. Pošto ovakvi strojevi imaju vlastiti pogon na koji se u zimskim uvjetima troši velika količina energije, potrebni su veliki kapaciteti baterija koje bi pokretale strojeve. Osim toga, dvofazni uređaji ciljaju na zahtjevnije grupe korisnika, čiste puno veće površine poput pločnika u gradovima i u praktičnoj upotrebi često nije dovoljno da im jedno punjenje omogućuje npr. jedan sat rada. Uporabom većih baterija bi se postigla prevelika masa i izgubili bi niz prednosti koje imaju pred klasičnim strojevima pokretanim motorima s unutarnjim izgaranjem. Stoga je ovaj tip uređaja tek u nastajanju i dodatno će se razvijati u budućnosti.



Slika 7. Dvofazni baterijski uređaj

Specifikacije čistača *Snow Joe iON24SB-XRP* prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Specifikacije dvofaznog čistača

Širina zahvata [cm]	61
Proračunska visina snijega [cm]	33
Vrijeme rada [min]	50
Domet izbacivanja [m]*	10
Napon baterije [V]	80 (2x 40 V)
Kapacitet baterije [Ah]	6
Snaga motora [W]	2500
Broj stupnjeva prijenosa za vožnju	3 + 1 unatrag
Kotači	13" (33cm)
Masa [kg]	48





*ovisno o vrsti snijega, približno

2.2. Baterije





Odabir baterije vrlo je bitan za razvoj kvalitetnog uređaja, iz razloga što ona određuje cijeli niz karakteristika, od kapaciteta koji određuje koliko dugo će uređaj moći raditi prije svakog sljedećeg punjenja, do mase i dimenzija. Svi strojevi koji su navedeni u analizi tržišta pokretani su litij-ionskim (Li-Ion) baterijama koje svojim karakteristikama najviše odgovaraju upotrebi kod ovakvih uređaja. Pružaju najbolji omjer cijene i kvalitete te nose najveći broj poželjnih karakteristika koje se zahtjevaju od baterijskog čistača snijega. Uz zadovoljavajući kapacitet, snagu i vrijeme punjenja, karakteristične su po kompaktnim dimenzijama i maloj masi, što je dodatna prednost ovog tipa pred drugim tipovima baterija. Upravo je masa uređaja jedna od glavnih prednosti električnih uređaja pred uređajima pogonjenima motorom s unutarnjim izgaranjem.

U pregledu dostupnih baterija naprije su navedene upravo one baterije koje proizvođači ugrađuju na svoje uređaje. Uz navedene proizvođače baterijskih strojeva za čišćenje snijega, Greenworks, Ryobi, Snow Joe, prikazane su i baterije proizvođača Bosch koje se koriste za slične uređaje poput kosilica.


Tablica 4. Greenworks baterije

	G-MAX 40V 2Ah	G-MAX 40V 4Ah	Pro 80V 2Ah	Pro 80V 4Ah
napon [V]	40	40	80	80
kapacitet [Ah]	2	4	2	4
vrijeme punjenja	-	120 min	30 min	60 min
masa [kg]	0,82	1,18	1,45	1,45
				




Tablica 5. Ryobi baterije

	40V Slim Pack	40V High Capacity	40V 4Ah	40V 5Ah
napon [V]	40	40	40	40
kapacitet [Ah]	1,5	2,4	4	5
dimenzije [mm]	171x101x76	191x86x86	203x76x76	191x112x97
				

Tablica 6. Snow Joe baterije

	iON EcoSharp PRO 40V 2.0Ah	iON EcoSharp PRO 40 V 2.5Ah	iON EcoSharp 40V 4.0Ah	iON EcoSharp PRO 40V 5Ah
napon [V]	40	40	40	40
kapacitet [Ah]	2	2,5	4	5
				

Tablica 7. Bosch baterije





	GBA 36 V 2,0Ah	GBA 36 V 4,0 Ah	GBA 36V 6.0 Ah Hw-D**
napon [V]	36	36	36
kapacitet [Ah]	2	4	6
masa [kg]	0,7	1,3	2,3
dimenzije [mm]	143x81x54	158x97x76	-
			

2.2.1. LiFePO_4 baterije

Podskupina Li-Ion baterija koja bi se mogla koristiti za pokretanje čistača snijega nudi otpornost na prepunjavanje i na kratki spoj te je iznimno sigurna. Također, ne sadri teške metale i ima povećan broj ciklusa punjenja i pražnjenja uz zadržavanje kapaciteta [8].

U Tablici 8. navedene su prikladne baterije koje bi se mogle koristiti za pokretanje čistača, a odabrani modeli, u usporedbi sa prethodno navedenima (Tablica 4., 5., 6., 7.), nude nešto veće kapacitete uz ne pretjerano povećanu masu, odnosno daju mogućnost dužeg rada između dva punjenja. Ovakve baterije se koriste za pogon električnih bicikala i sličnih uređaja, a navedeni proizvođači nude niz različitih kombinacija kapaciteta i napona, ovisno o odabiru kupca.

Tablica 8. LiFePO_4 baterije

	PingBattery 48V 10AH V5 LIFEPO4	LiFEPO4 Pack 48V 10Ah	BMSBattery 48V 9 Ah	BMSBattery 48V 10 Ah
napon [V]	48	48	48	48
kapacitet [Ah]	10	10	9	10
dimenzije [mm]	180 x 155 x 105	260 x 180 x 90	270 x 130 x 80	360 x 155 x 85
masa [kg]	4,9	4,5	4	5,5
				

3. Definiranje cilja razvoja proizvoda

Temelj uspješnog proizvoda je kvalitetno postavljanje zahtjeva i ciljeva koji se očekuju od razvoja. Naime, ukoliko se na početku kvalitetno postave najvažnije karakteristike koje uređaj u konačnici mora posjedovati, proces konstruiranja i razvoja biti će brži i efikasniji. Praćenje istih odrednica i usmjerenost u zadanom pravcu uvelike olakšavaju posao i mnogo je jednostavnije raditi kada su zahtjevi stalni i nepromjenjivi nego kad bi se primjerice na polovici razvoja oni odjednom promijenili. U takvim situacijama je ponekad vrlo teško napraviti promjene i često bi bilo potrebno krenuti u potpunosti ispočetka.

Postoji niz teorija i alata za definiranje cilja i postavljanje zahtjeva, a u ovom radu su korištene metode obrađene na predavanjima u okviru studija, tehnički upitnik i predložak za definiciju cilja [12].

Tehnički upitnik je skup pitanja koja si konstruktor sam postavlja i koja su osmišljena da usmjere razvoj u pravom smjeru i da se pomoću njih fokusira na ono što je najbitnije. Ispunjavanjem upitnika dobiva se skup bitnih odrednica na koje se treba paziti i kojima se treba voditi tijekom razvoja. Dodatno, ispunjena je tablica za definiciju cilja koja sadrži dodatne smjernice i pitanja.

Na osnovi toga i parametara koji su zadani u zadatku, biti će određena tehnička specifikacija proizvoda i osnovni parametri i ciljevi koje će trebati zadovoljiti u procesu konstruiranja.

Tehnički upitnik:

1. Što je stvarni problem koji treba riješiti?

Ukloniti snijeg sa željenih površina i premjestiti ga na drugo željeno mjesto.

2. Koja implicitna očekivanja i želje je potrebno uključiti u razvoj?

Učinkovitost, sigurnost korisnika, jednostavnost uporabe, kompaktne dimenzije, mala masa.

3. Da li su pretpostavljene potrebe korisnika, funkcionalni zahtjevi i ograničenja zaista realni?

Ciljevi i parametri razvoja se postavljaju u skladu s mogućnostima i raspoloživom tehnologijom. Kapacitet, dimenzije i karakteristike uređaja su izvedivi i izgledno je ispunjavanje velike većine postavljenih ciljeva.

4. U kojim smjerovima postoje mogućnosti za kreativni razvoj i inventivno rješavanje problema?

U načinu zahvaćanja i izbacivanja snijega, regulaciji visine upravljača, podešavanju usmjerivača, zaštiti korisnika.

5. Ima li limita na kreativnost u razvoju?

Kreativnost je dopuštena i poželjna sve dok nema negativan utjecaj na funkcije i sigurnost korisnika. Poželjno je tražiti nova i kreativna rješenja, ali je isto tako bitno paziti na sve detalje, da ne bi došlo do neželjenih posljedica i previda. Također, u nedostatku kreativnijih rješenja, bolje je koristiti provjerene metode i ispuniti ciljeve na najbolji mogući način.

6. Koje karakteristike/svojstva proizvod nužno mora imati?

Proizvod mora očistiti snijeg na odgovarajući način, bez da ugrožava korisnika i to je osnovna i glavna karakteristika koju mora ispuniti.

7. Koje karakteristike/svojstva proizvod sigurno ne smije imati?

Stroj ne smije ugrožavati korisnika.

8. Koji se aspekti razvoja mogu i trebaju kvantificirati u ovom trenutku?

Parametri zadani u zadatku, a to su: domet bacanja snijega, vrijeme rada između dva punjenja, kut podešavanja usmjerivača i približna širina zahvata uređaja.

9. Da li su razvojni zadaci postavljeni na prikladnoj razini apstrakcije?

Da, omogućuju dovoljno prostora za kreativnost i inovativnost tijekom razvoja.

10. Koji su tehnička i tehnološka ograničenja naslijeđena iz prethodnog iskustva sa sličnim proizvodom?

Kapaciteti i snaga baterija, njihova masa i dimenzije.

Tablica 9. Definicija cilja razvoja proizvoda

DEFINICIJA CILJA ZA RAZVOJ PROIZVODA	Naziv projekta: Uređaj za čišćenje snijega	Datum: 29.11.2016.
Opis proizvoda: Uređaj (puhalica) za čišćenje snijega ba pogon baterijom koja se sastoji od „puža“ koji grabi snijeg i rotora koji ispuhuje snijeg iz uređaja.		
Primarno tržište: Privatni korisnici koji žele jednostavan samostalni uređaj za čišćenje snijega oko kuća.		
Sekundarno tržište : Suvlasnici zgrada i tvrtke za upravljanje stambenim zgradama.		
Koje karakteristike se podrazumijevaju: Učinkovitost, pouzdanost, jednostavno korištenje, sigurnost korisnika, tihi rad, kompaktnost.		
Ciljane grupe korisnika: Korisnici koji traže uređaj za čišćenje manjih prilaza i dvorišta, koji će s jednim punjenjem baterija (otprilike 50 minuta) moći očistiti željeni prostor.		
Pravci kreativnog razvoja: Način zahvaćanja i izbacivanja snijega, podešavanje usmjerivača.		
Limiti projekta: Kapaciteti, snaga, masa i dimenzije baterija.		

Analizom podataka dobivenih ispunjavanjem tehničkom upitnika i predloška za izradu definicije cilja, dobivene su glavne smjernice razvoja. Osnovni zadatak uređaja je očistiti snijeg i to mora raditi pouzdano i učinkovito. Uz to, najvažnija karakteristika je zaštita korisnika i te dvije karakteristike se postavljaju kao najvažnije i one u bilo kojem slučaju moraju biti ispunjene. Sve ostale funkcije i svojstva proizvoda moraju proizlaziti iz ove dvije funkcije i nadopunjavati se na njih. Tako se u učinkovito i pouzdano uklanjanje snijega ubrajaju i

karakteristike jednostavnog korištenja, kompaktnih dimenzija i male mase. Naime, što je uređaj lakši i kompaktniji, biti će lakše njime rukovati, a zbog toga će biti i lakše ispuniti temeljnu funkciju, očistiti snijeg. Na to se nadovezuje tihi rad, što je jedna od glavnih prednosti elektromotornih čistača, i mogućnost usmjerivanja snijega u željenom smjeru, pri čemu je opet poželjno što lakše i jednostavnije rukovanje. Cijelo vrijeme je potrebno imati na umu koje su glavne karakteristike i zahtjevi postavljeni kao ciljevi razvoja te niti jedna podfunkcija ne smije biti ispunjena na način da negativno utječe na ispunjavanje glavnih funkcija.

3.1. Ciljevi razvoja

Postavljeni su ciljevi razvoja i karakteristike koje se očekuju od gotovog uređaja, a nabrojane su počevši s dvije temeljne, najvažnije karakteristike:

- učinkovito uklanjanje snijega
- sigurnost korisnika
- jednostavnost korištenja
- pouzdanost
- tihi rad
- kompaktne dimenzije
- mala masa
- jednostavnost izrade i održavanja

3.2. Tehničke karakteristike

Tehničke karakteristike koje su zadane u zadatku i koje je potrebno postaviti kao polazište razvoja:

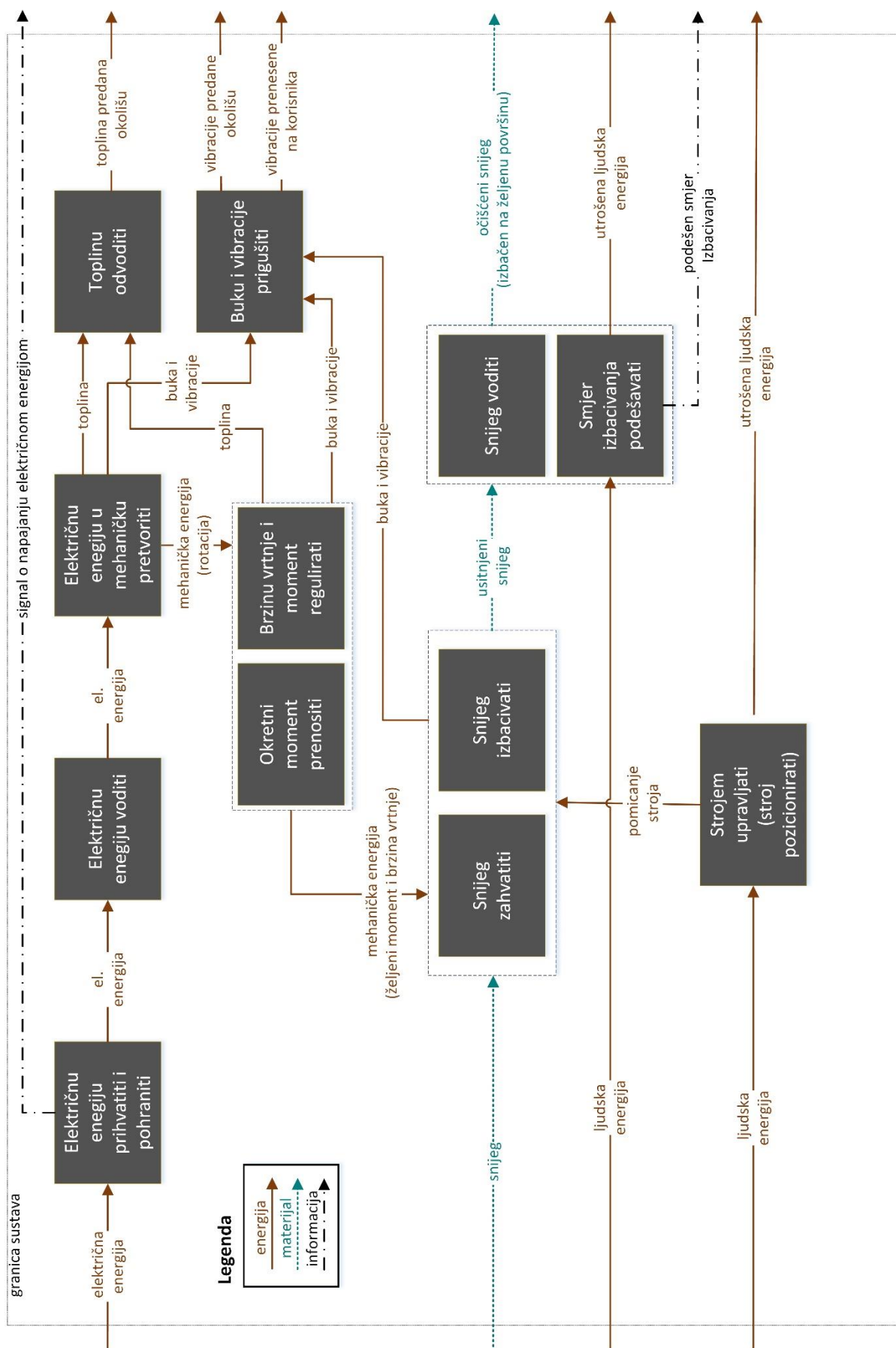
- domet izbacivanja: 5 m
- vrijeme rada s jednim punjenjem baterije: 50 min
- podesivi usmjerivač snijega; kut podešavanja: 180°
- širina zahvata uređaja: 45 cm

4. Generiranje koncepata

Preduvjet generiranju koncepata bila je definicija cilja i izrada tehničke specifikacije proizvoda. Sljedeći korak je funkcionalno modeliranje i izrada funkcijske dekompozicije proizvoda, a zatim se, na osnovi te funkcijske strukture, izrađuje morfološka matrica proizvoda.

















Funkcionalnom strukturom proizvoda razlažemo osnovnu funkciju proizvoda na podfunkcije. Pri tome je funkcija proizvoda ono što proizvod radi, dok su podfunkcije određene radnje koje pridonose ispunjavanju osnovne funkcije. Struktura prikazuje veze između pojedinih radnji, tokove energije, materijala i signala te omogućuje apstraktni pogled na zadatke koje uređaj mora obaviti, neovisno o fizičkoj realizaciji rješenja koja će se iskoristiti da bi se ostvario željeni rezultat [13]. U ovom konkretnom slučaju točno su određeni i definirani samo parametri koji su zadani u zadatku. Na primjer, zadan je pogon elektromotorom i napajanje motora iz baterija pa se ne mogu razmatrati opcije drugih vrsta pogona. Ostale funkcije su postavljene tako da konstruktoru pružaju slobodu i omogućuju kreativnost pri fizičkoj realizaciji svake od tih funkcija.















Ideje o realizaciji svake pojedine funkcije proizvoda nalaze se u morfološkoj matrici, a iz nje se onda uzimaju odgovarajuća rješenja za izradu koncepata. Koncepti se razlikuju prema načinima ostvarivanja željenih funkcija, a morfološka matrica omogućuje tu raznolikost te je pri njenoj izradi potrebno doći do što više potencijalnih rješenja problema. Na taj način je moguće dobiti raznovrsnije koncepte i doći do inovativnih rješenja.






Slika 8. Funkcijska struktura

Tablica 10. Morfološka matrica

FUNKCIJA	RJEŠENJE	
Električnu energiju prihvatiti i pohraniti	Li-Ion baterije  	LiFePO ₄ baterije  
Električnu energiju voditi	Bakrene žice  	
Električnu energiju u mehaničku pretvoriti	DC motor s četkicama  	DC motor bez četkica  
Snagu prenositi; Brzinu vrtnje i moment regulirati	Remenski prijenos  	Zupčani prijenos    pužni vijak čelnici
	Lančani prijenos 	

<p>Snijeg zahvatiti Snijeg izbacivati</p>	<p>Svrldlo i ventilator odvojeni </p>  <p>+</p> 	<p>Svrldlo i ventilator iz jednog komada</p> <p>a) </p>  <p>b) </p> 
<p>Snijeg voditi</p>	<p>Usmjerivač   </p> 	
<p>Smjer izbacivanja podešavati</p>	<p>Ručno; direktno na usmjerivaču  </p> 	<p>Ručno; preko poluge </p> 

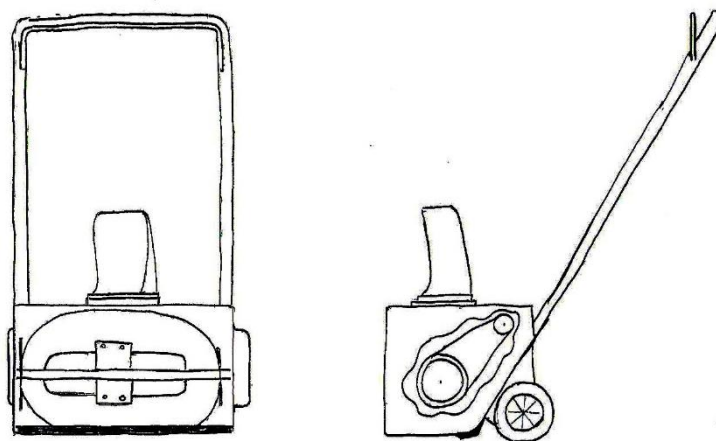
Legenda znakova:

- Koncept 1 
- Koncept 2 
- Koncept 3 

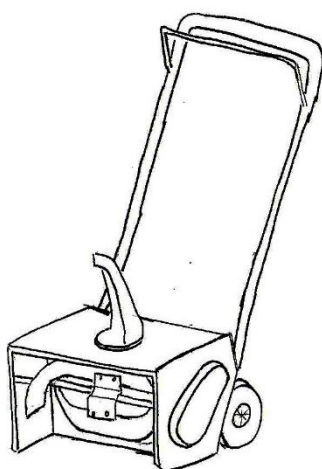
4.1. Koncept 1



Koncept 1 koristi svrdlo i ventilator izrađeno iz jednog komada, odnosno snijeg se izbacuje u jednoj fazi. Uređaj je pokretan istosmjernim motorom bez četkica, a prijenos snage je ostvaren remenskim prijenosom. Motor snagu crpi iz LiFePO₄ baterija, a snijeg se izbacuje preko usmjerivača koji je ručno podesiv direktno na samom usmjerivaču. Lopatice svrdla izrađene su od tvrde gume i vezane su vijcima za vratilo te su lako zamjenjive nakon što se potroše. Također, izmjenjiv je i plastični strugač koji se nalazi na dnu uređaja i koji je osim kotača jedini dodirni element između tla i čistača. Prekidač na ručkama onemogućuje okretanje lopatica ako korisnik nije za upravljačem i time osigurava korisnika od mogućih ozljeda.



Slika 9. Koncept 1

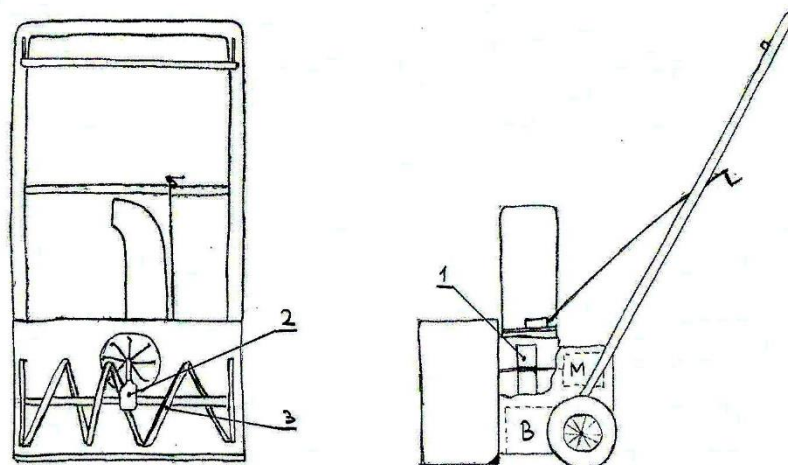


Slika 10. Koncept 1 - izometrijski prikaz

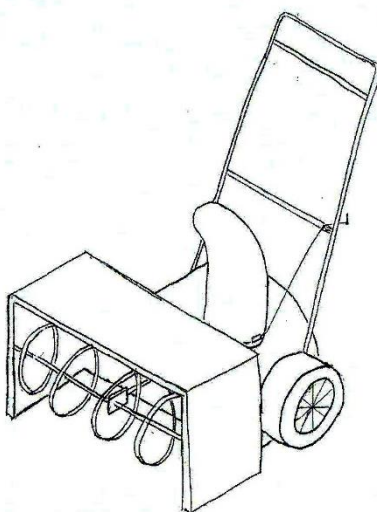
4.2. Koncept 2



Koncept 2 snijeg izbacuje u dvije faze, najprije ga zahvaća putem svrdla, a zatim ga zasebni ventilator ispuhuje iz uređaja. Istosmjerni motor bez četkica (Slika 11., M) pokreće vratilo na koje se direktno spaja ventilator za izbacivanje snijega (Slika 11., 1). Na kraju tog vratila se nalazi pužni prijenos (Slika 11., 2) kojim se snaga prenosi na svrdlo (Slika 11., 3). Uređaj koristi LiFePO₄ baterije za opskrbu motora energijom. Usmjerivač snijega je podesiv pomoću seta poluga pa se željeni smjer izbacivanja snijega može namjestiti bez puštanja upravljača. Čistač je također opremljen prekidačem koji onemogućuje samostalni rad uređaja i na taj način štiti korisnike od mogućih ozljeda te izmjenjivim strugačem na kontaktnoj površini s tlom koji je i podesiv po visini.



Slika 11. Koncept 2

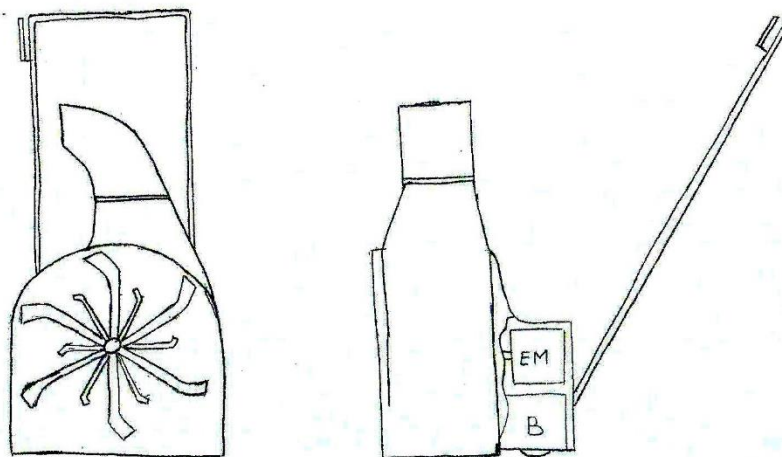


Slika 12. Koncept 2 – izometrijski prikaz

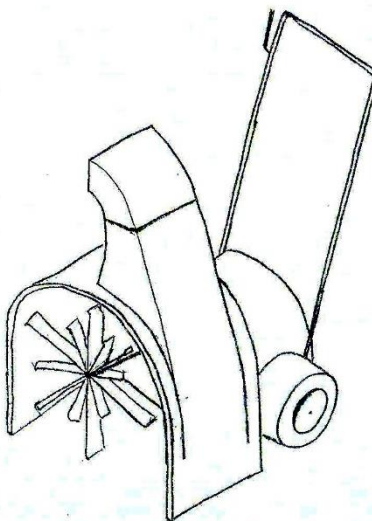
4.3. Koncept 3



Koncept 3 nudi alternativni način izbacivanja snijega, različit od uobičajenih jednofaznih čistača dostupnih na tržištu. Istosmjerni motor bez četkica (Slika 13., EM) je vratilom direktno spojen na ventilator koji istovremeno zahvaća i izbacuje snijeg, a postavljen je aksijalno u smjeru kretanja uređaja. Sličan koncept koriste neki veći uređaji poput onih vezanih na lokomotive vlakova. Za akumulaciju električne energije koriste se Li-Ion baterije, a snijeg se usmjeruje preko usmjerivača koji je podesiv ručno na samom usmjerivaču. I kod ovog uređaja postoji izmjenjivi strugač i sigurnosni prekidač koji onemogućuje samostalan rad uređaja.



Slika 13. Koncept 3



Slika 14. Koncept 3 – izometrijski prikaz

4.4. Vrednovanje koncepata

Pri vrednovanju koncepata i odabiru najpovoljnijeg rjeđenja za daljnji razvoj, odabrani su kriteriji po kojima će se ocjenjivati sva tri prikazana koncepta. Svaki koncept dobiva ocjenu prema svakom kriteriju i odabire se koncept s najvećim ukupnim brojem bodova. Kriteriji proizlaze iz definicije cilja proizvoda, gdje su postavljeni zahtjevi koje uređaj mora ispuniti i koji su ključni da konačni proizvod bude uspješan.

Kriteriji se ocjenjuju ocjenama od 1 do 5, te ocjene se zbrajaju i na kraju se odabire koncept s najvećim ukupnim brojem bodova. Maksimalnu ocjenu 5 u svakoj kategoriji dobiva koncept koji je najbolji po tom kriteriju, a ostali se onda uspoređuju s najboljim. Kriteriji odabira, ocjene i konačni zbroj bodova prikazani su u Tablici 11.

Tablica 11. Vrednovanje koncepata

Kriterij	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
efikasnost čišćenja	4	5	3
sigurnost korisnika	5	5	5
jednostavnost korištenja	5	4	4,5
kompaktne dimenzije	5	3,5	4
mala masa	5	3	5
jednostavnost izrade	5	3	5
vrijeme rada s jednim punjenjem baterija	5	3,5	5
ukupno bodova:	34	27	31,5

Odabire se Koncept 1 koji ima najveći ukupni broj bodova. Za sve navedene kategorije, osim za efikasnost čišćenja, ovaj koncept je dobio maksimalni broj bodova. Ipak, efikasnost koju pruža je dovoljna za ciljano tržište i za manje zahtjevne privatne korisnike, koji su ujedno i ciljana grupa korisnika. Koncept 2 je zbog dvije faze izbacivanja snijega učinkovitiji u uklanjanju snijega i sposoban je uklanjati teži i zbijeniji snijeg, ali zbog ograničenja baterijskog pogona i gubitaka u prijenosu ne pruža dovoljno dug rad s jednim punjenjem. Također, kompliciraniji je za izradu te ima veće dimenzije i masu pa i po tim kriterijima gubi u odnosu na Koncept 1. Koncept 3 ima nedostatak ne toliko učinkovitog čišćenja te je iz tog razloga rangiran na drugom mjestu. Iako je konkurentan Konceptu 1 na gotovo svim poljima, efikasnost čišćenja je ponajviše presudila u korist Koncepta 1.

5. Konstrukcijska razrada odabranog koncepta

Odabrani koncept se detaljno konstrukcijski oblikuje i razrađuje i prema njemu nastaje konačni proizvod. Konceptom su određene osnovne karakteristike i način rada uređaja, a u konstrukcijskoj razradi je svaka komponenta detaljno razrađena i uklopljena u cjelinu.

Tehničke karakteristike uređaja već su prikazane u tehničkoj specifikaciji proizvoda i one su polazište za razvoj. Prema tim karakteristikama su birane baterije i motor za pokretanje uređaja te je samim time i cijela konstrukcijska razrada temeljena na tim karakteristikama.

5.1. Odabir baterije

Polazna točka razrade koncepta je odabir baterije za pokretanje uređaja. Kako su kapacitet i dimenzije baterija, kao i njihova masa, obrnuto proporcionalni, odabrana je baterija proizvođača PingBattery koja u najboljoj mogućoj mjeri zadovoljava oba kriterija [14].

Tablica 12. Specifikacije baterije

Proizvođač	PingBattery
Model	48V 10AH V5 LIFEPO4
Napon	48 V
Kapacitet	10 Ah
Dimenzije	180 x 105 x 155 mm
Masa	4,9 kg
Napon punjenja	59 – 60 V
Struja punjenja	< 8 A
Maksimalna kontinuirana struja pražnjenja	20 A
Maksimalna vršna snaga pražnjenja	40 A
Vijek trajanja	> 85% nakon 1000 ciklusa
	> 70% nakon 3000 ciklusa

Odabrana baterija ima veći kapacitet od baterija koje pokreću uređaje prikazane u analizi tržišta, dok joj je masa još uvijek prihvatljivih 4,9 kg. Na taj način je ostvaren potencijal za izradom uređaja većeg kapaciteta i snage uz zadržavanje konkurentnosti na poljima dimenzija i niske mase. Napon od 48 V je odabran iz razloga što je na tržištu motora najveći izbor motora koji

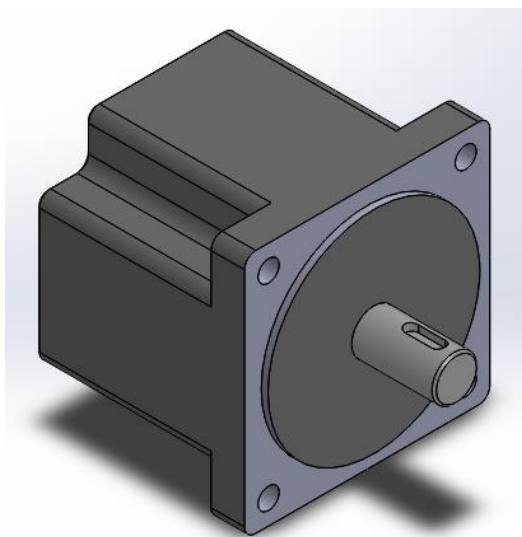
rade na takvom naponu te se može odabrati onaj koji će najbolje ispunjavati zadane kriterije. U paketu s baterijom dolazi i punjač koji radi na struji od 2 A, a kao posebna opcija se nudi punjač koji bateriju puni strujom od 5 A, čime bi se skratilo vrijeme punjenja baterije.



Slika 15. PingBattery 48V 10AH V5 LIFEP04

5.2. Odabir motora

U skladu s odabranom baterijom, odabire se motor za pokretanje čistača snijega. Baterijom su određeni napon motora i maksimalna struja na kojoj motor radi pri stalnom radu, a u tehničkim specifikacijama uređaja zadano je da vrijeme rada uređaja mora biti oko 50 minuta. Prema zadanim kriterijim odabran je istosmjerni motor bez četkica, proizvođača Smart Automation koji daje najveću snagu s obzirom na ograničenja koja su definirana odabranom baterijom i tehničkom specifikacijom [15].



Slika 16. Smart Automation 110BLS01

Tablica 13. Specifikacije motora

Proizvođač	Smart Automation
Model	110BLS01
Napon	48 V
Snaga	450 W
Broj okretaja u praznom hodu	2900 o/min
Broj okretaja pod opterećenjem (nazivni broj okretaja)	2600 o/min
Nazivni moment	1,65 Nm
Nazivna struja	13 A
Masa	4,2 kg
Dimenzije	110 x 110 x 93 mm
Maksimalna radijalna sila na vratilu	250 N (na 20 mm od prirubnice)
Maksimalna aksijalna sila na vratilu	100 N

5.3. Proračun kapaciteta uređaja

Kapacitet uređaja određen je snagom motora i kapacitetom baterija. Snaga motora određuje koliko snijega je moguće očistiti u određenom vremenu, dok kapacitet baterija određuje koliko dugo će se moći čistiti prije potrebe za ponovnim punjenjem baterije.

5.3.1. Vrijeme rada s jednim punjenjem baterije

Prema specifikacijama odabranog motora i baterije, računa se autonomija uređaja. Uzevši u obzir kapacitet baterije i nazivnu struju na kojoj radi motor, računa se koliko dugo uređaj može raditi s jednim punjenjem baterije.

$$t_r = \frac{C_{bat}}{I_{N,mot}} = \frac{10}{13} = 0,769 \text{ h} = 46,15 \text{ min} \quad - \text{vrijeme rada s jednim punjenjem} \quad (1)$$

$$C_{bat} = 10 \text{ Ah} \quad - \text{kapacitet baterije}$$

$$I_{N,mot} = 13 \text{ A} \quad - \text{nazivna struja motora}$$

Odabrani motor i baterija uređaju omogućuju malo više od 46 minuta rada pod punim opterećenjem, čime je zadovoljen uvjet da vrijeme rada bude približno 50 minuta.

5.3.2. Kapacitet čišćenja snijega

Ovaj parametar određuje koliko snijega uređaj može očistiti u jedinici vremena. Poznate su snaga motora i potrebna visina izbacivanja snijega prema kojima će se vršiti proračun.

$$h = 5 \text{ m} \quad - \text{ visina izbacivanja snijega}$$

$$P_M = 450 \text{ W} \quad - \text{ snaga motora}$$

Također, u obzir se uzimaju gubici u prijenosu i ležajevima. Kako se za prijenos snage koristi remenski prijenos, a u sustavu postoje 3 kuglična ležaja, 2 na vratilu svrdla i jedan na zateznoj remenici, ukupni faktor iskoristivosti:

$$\eta_{uk} = \eta_L \cdot \eta_{RP} = 0,99^3 \cdot 0,95 = 0,9218 \quad - \text{ ukupni faktor iskoristivosti} \quad (2)$$

$$\eta_L = \eta_{L0}^3 = 0,99^3 = 0,97 \quad - \text{ faktor iskoristivosti ležajeva} \quad (3)$$

$$\eta_{L0} = 0,99 \quad - \text{ faktor iskoristivosti jednog ležaja [16]}$$

$$\eta_{RP} = 0,95 \quad - \text{ faktor iskoristivosti remenskog prijenosa [17]}$$

Pošto je nazivna snaga motora dostupna jedino na izlaznom vratilu motora, snaga raspoloživa za čišćenje snijega dobiva se kada se uračunaju navedeni gubici:

$$P_S = P_M \cdot \eta_{uk} = 450 \cdot 0,9218 = 414,8 \text{ W} \quad - \text{ snaga dostupna za čišćenje snijega} \quad (4)$$

Ulazni podatci za proračun kapaciteta čišćenja su prethodno izračunata snaga dostupna za čišćenje snijega i zadani domet izbacivanja snijega od 5 m. U proračunu je za domet uzeta vertikalna udaljenost od površine tla do maksimalne visine izbacivanja.

$$h = 5 \text{ m} \quad - \text{ visina izbacivanja snijega}$$

Snaga za podizanje snijega na željenu visinu računa se prema izrazu (5), pri čemu je vrijeme podizanja 1 s, ne bi li se u konačnici dobila količina snijega koju je moguće očistiti u 1 s.

$$P_p = \frac{W_p}{t} = P_S = 414,8 \text{ W} \quad - \text{ snaga za podizanje snijega} \quad (5)$$

$$W_p = P_p \cdot t = P_S \cdot t \quad (6)$$

$$t = 1 \text{ s} \quad - \text{ vrijeme podizanja snijega}$$

Pri čemu je rad potreban za podizanje snijega jednak:

$$W_p = F_p \cdot h \quad - \text{ rad podizanja snijega} \quad (7)$$

$$F_p = m_s \cdot g \quad - \text{ sila za podizanje snijega} \quad (8)$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad - \text{ univerzalna gravitacijska konstanta}$$

Iz izraza (7) slijedi:

$$F_P = \frac{W_P}{h} \quad (9)$$

Uvrštavanjem izraza (6) u izraz (9) dobiva se:

$$F_P = \frac{W_P}{h} = \frac{P_S \cdot t}{h} \quad (10)$$

Iz izraza (8) slijedi jednačba za izračun mase snijega koju je moguće podići:

$$m_S = \frac{F_P}{g} \quad - \text{ masa snijega} \quad (11)$$

Kapacitet uređaja je određen masom snijega koju je moguće podići u jedinici vremena:

$$Q_S = \frac{m_S}{t} \quad - \text{ kapacitet uređaja} \quad (12)$$

Uvrštavanjem izraza (10) u jednačbu (11) dobiva se formula za izračunavanje mase snijega koju je moguće pomoću odabranog motora podići na zadanu visinu od 5 m, uzimajući u obzir gubitke u sustavu.

$$m_S = \frac{F_P}{g} = \frac{P_S \cdot t}{g \cdot h} \quad (13)$$

Konačno, uvrštavanjem jednačbe (13) u jednačbu (12), dobiva se kapacitet uređaja:

$$Q_{m,S} = \frac{m_S}{t} = \frac{P_S \cdot t}{t \cdot g \cdot h} = \frac{P_S}{g \cdot h} = \frac{414,8}{9,81 \cdot 5} = 8,457 \text{ kg/s} \quad (14)$$

Masa snijega koju uređaj može očistiti u minuti:

$$Q_{m,Smin} = Q_S \cdot 60 = 507,4 \text{ kg/min} \quad - \text{ kapacitet uređaja u minuti}$$

5.3.3. Visina snijega koju uređaj može očistiti

Teoretska visina snijega koju uređaj može čistiti izračunava se zbog provjere njegovih mogućnosti i korisnosti u realnim uvjetima. Visina snijega i brzina čišćenja ovise o vrsti snijega koji se čisti pa će u proračun biti uvrštene različite visine snijega, od prhkog i laganog, svježe napadalog snijega, do mokrog i zbijenog koji ima mnogo veću gustoći i koji je teži za čišćenje. Novi, lagani snijeg, neposredno nakon padanja na tlo ima gustoću od približno 50 kg/m^3 , dok kod zbijenog ta vrijednost iznosi oko 400 kg/m^3 [18], [19].

$$\delta_s = 50 \dots 400 \text{ kg/m}^3 \quad - \text{ gustoća snijega}$$

Kako bi se dobila približna visina snijega, određuje se brzina čišćenja. Korisnik će u realnim uvjetima odabrati brzinu guranja uređaja koja mu najviše odgovara, ovisno o uvjetima, vrsti snijega i osobnim mogućnostima, a za proračun se odabiru tri različite brzine čišćenja:

$$v_1 = 0,5 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 1 \text{ m/s} \quad - \text{ odabrane brzine čišćenja snijega}$$

$$v_3 = 1,5 \text{ m/s}$$

Zadana širina zahvata uređaja je zadana u zadatku i iznosi $b = 45 \text{ cm}$ i koristi se kao još jedan ulazni parametar proračuna.

$$b = 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m} \quad - \text{ širina zahvata uređaja}$$

Površina koju uređaj očisti u jedinici vremena ovisi upravo o širini zahvata i brzini čišćenja, a množenjem izraza za površinu s visinom snijega h_s koji se čisti, dobiva se volumni kapacitet uređaja.

$$A_s = b \cdot v \quad - \text{ površina koja se očisti u 1 s} \quad (15)$$

$$Q_{v,s} = A_s \cdot h_s \quad - \text{ volumni kapacitet uređaja} \quad (16)$$

Iz izraza (16) dobiva se:

$$h_s = \frac{Q_{v,s}}{A_s} \quad - \text{ visina snijega} \quad (17)$$

Uvrštavanjem izraza (15) u izraz (17) slijedi:

$$h_s = \frac{Q_{v,s}}{A_s} = \frac{Q_{v,s}}{b \cdot v} \quad (18)$$

Poznat je maseni kapacitet uređaja, a pomoću njega i gustoće snijega također se može izračunati volumni kapacitet, odnosno volumni protok snijega kroz čistač:

$$Q_{v,s} = \frac{Q_{m,s}}{\delta_s} \quad - \text{ volumni kapacitet uređaja} \quad (19)$$

Konačni izraz za izračun visine snijega koju stroj može čistiti dobiva se uvrštavanjem jednadžbe (19) u jednadžbu (18):

$$h_s = \frac{Q_{v,s}}{b \cdot v} = \frac{Q_{m,s}}{\delta_s \cdot b \cdot v} \quad - \text{ visina snijega u metrima} \quad (20)$$

Pošto se visina snijega najčešće izražava u centimetrima, izraz (20) se množi sa 100 i dobiva se izraz za visinu snijega koju stroj može očistiti izraženu u centimetrima:

$$h_s = \frac{Q_{m,s}}{\delta_s \cdot b \cdot v} \cdot 100 \quad - \text{visina snijega u centimetrima} \quad (21)$$

Pošto se u proračunu u obzir uzimaju različite brzine čišćenja i različite brzine snijega, rezultati su prikazani u Tablici 14., gdje je vidljivo kolike su očekivane visine koje bi se mogle očistiti ovim čistačem. Vrijednosti u Tablici 14. dobivene su uvrštavanjem poznatih vrijednosti u izraz (21). Uvrštene su već spomenute 3 različite brzine čišćenja i 5 različitih gustoća snijega.

Tablica 14. Visine snijega koje je moguće očistiti

	gustoća snijega, δ_s [kg/m³]	50	100	200	300	400
brzina čišćenja, v [m/s]	0,5	75,2	37,6	18,8	12,5	9,4
	1	37,6	18,8	9,4	6,3	4,7
	1,5	25,1	12,5	6,3	4,2	3,1
		visina snijega, h_s [cm]				

Rezultati pokazuju da se svježi i lagani snijeg gustoće 50 i 100 kg/m³ može čistiti relativno velikom brzinom, a pošto je uređaj namijenjen manje zahtjevnim privatnim korisnicima za čišćenje prilaza, zadovoljeni su uvjeti zadani tehničkom specifikacijom uređaja. Za eventualne veće visine i gustoće snijega, korisnik će prilagoditi brzinu čišćenja ovisno o uvjetima rada.

5.3.4. Površina koju je moguće očistiti s jednim punjenjem baterije

Nakon što je izračunata visina snijega koja se čisti, ostaje još izračunati koliku površinu uređaj može očistiti s jednim punjenjem baterije, radeći punim kapacitetom. Površina čišćenja ovisi o brzini kretanja, vremenu rada i širini zahvata uređaja. Kao i kod izračuna visine snijega, uzete su 3 različite brzine čišćenja.

$$v_1 = 0,5 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 1 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 1,5 \text{ m/s}$$

- odabrane brzine čišćenja snijega

Vrijeme rada s jednim punjenjem je prethodno izračunato:

$$t_r = 46,15 \text{ min} = 2769 \text{ s}$$

$$A = b \cdot v \cdot t_r \quad \begin{array}{l} \text{- površina koja se očisti s jednim} \\ \text{punjenjem baterije} \end{array} \quad (22)$$

Uvrštavanjem poznatih veličina u izraz (22) dobivaju se površine koje se mogu očistiti s jednim punjenjem ovisno o brzini čišćenja:

$$A_1 = b \cdot v_1 \cdot t_r = 0,45 \cdot 0,5 \cdot 2769 = 623 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \cdot v_2 \cdot t_r = 0,45 \cdot 1 \cdot 2769 = 1246 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \cdot v_3 \cdot t_r = 0,45 \cdot 1,5 \cdot 2769 = 1869 \text{ m}^2$$

Vidljivo je da je čak i s najmanjom brzinom čišćenja moguće očistiti površinu koja je mnogo veća od većine prosječnih prilaza i dvorišta, čime uređaj zadovoljava još jednu tehničku karakteristiku koja je postavljena kao jedan od glavnih ciljeva razvoja. Ako se navedene površine promatraju zajedno s visinama snijega prikazanim u Tablici 14., zaključak je da se umjerene količine snježnih oborina lako mogu očistiti s jednim punjenjem, a preostali kapacitet služi kao rezerva energije koju korisnik ima na raspolaganju u slučaju većih količina oborina ili težeg i mokrijeg snijega koji je zahtjevniji za čišćenje.

5.4. Proračun remenskog prijenosa

5.4.1. Odabir remena

Remenski prijenos se odabire i proračunava prema snazi motora i brzini remena [20]. Brzina remena određena je brzinom izlaznog vratila motora i promjerom pogonske remenice.

$$\begin{array}{ll} n_M = 2600 \text{ o/min} & \text{- broj okretaja motora} \\ \omega_M = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2600}{60} = 272,27 \text{ s}^{-1} & \text{- kutna brzina izlaznog vratila} \end{array} \quad (23)$$

$$D_1 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m} \quad \text{- promjer pogonske remenice}$$

$$r_1 = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m} \quad \text{- polumjer pogonske remenice}$$

$$v_R = \omega_M \cdot r_1 = 272,27 \cdot 0,025 = 6,8 \text{ m/s} \quad \text{- brzina remena} \quad (24)$$

Prema [20] je odabran konačni normalni klinasti remen DIN 2216 širine 10 mm, uzimajući u obzir snagu motora i izračunatu brzinu remena. Odabir je prikazan na Slici 17.

v m/s	8	10	13	17	20	22	25	32	v m/s	8	10	13	17	20	22	25	32
1	0,04	0,08	0,14	0,21	0,30	0,38	0,48	0,73	16	0,48	0,97	1,65	2,56	3,70	4,70	5,83	9,30
2	0,07	0,16	0,27	0,42	0,60	0,77	0,95	1,50	18	0,51	1,01	1,71	2,64	3,84	4,87	6,04	9,65
4	0,15	0,32	0,53	0,82	1,20	1,52	1,85	2,96	20	0,52	1,03	1,72	2,67	3,85	4,90	6,10	9,62
6	0,20	0,49	0,78	1,20	1,75	2,21	2,76	4,35	22	0,53	0,98	1,67	2,59	3,73	4,75	5,90	9,35
8	0,26	0,60	1,01	1,56	2,28	2,87	3,57	5,65	24	0,52	0,91	1,55	2,40	3,48	4,41	5,50	8,70
10	0,35	0,72	1,22	1,90	2,74	3,47	4,30	6,84	26	0,49	0,81	1,37	2,13	3,07	3,89	4,85	7,68
12	0,40	0,82	1,40	2,17	3,13	3,78	4,95	7,82	28	0,45	0,65	1,11	1,72	2,50	3,17	3,94	6,25
14	0,43	0,92	1,55	2,40	3,47	4,36	5,47	8,65	30	0,38	0,45	0,77	1,20	1,74	2,20	2,74	4,34

Slika 17. Odabir remena

Iz kataloga proizvođača Optibelt [21] očitani su podatci o remenu i dimenzije potrebne za konstrukciju remenica.

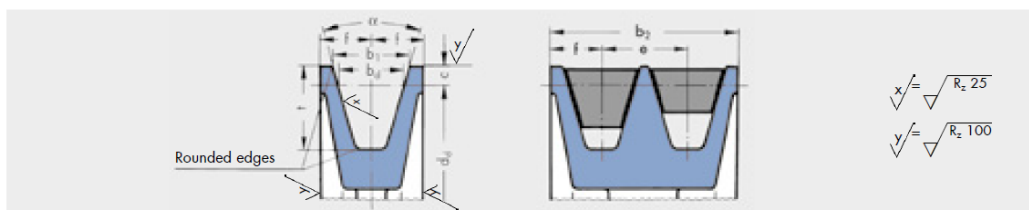


Table 14

V-belt profile	ISO designation	—	Y*	—	Z*	A*	B*	—	C*	—	D	E
DIN 2215		5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40
Wedge belt profile	DIN 7753 Part 1 and ISO	—	—	—	SPZ*	SPA*	SPB*	—	SPC*	—	—	—
b _d		4.2	5.3	6.7	8.5	11.0	14.0	17.0	19.0	21.0	27.0	32.0
b ₁ ≈		5.0	6.3	8.0	9.7	12.7	16.3	20.0	22.0	25.0	32.0	40.0
c		1.3	1.6	2.0	2.0	2.8	3.5	5.1	4.8	6.3	8.1	12.0
e		6 ± 0.3	8 ± 0.3	10 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	23 ± 0.4	25.5 ± 0.5	29 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7
f		5 ± 0.5	6 ± 0.5	7 ± 0.6	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	15 ± 0.8	17 ± 1.0	19 ± 1.0	24 ± 2.0	29 ± 2.0
t	Endless V-belts	6 ± 0.6	7 ± 0.6	9 ± 0.6	11 ± 0.6	14 ± 0.6	18 ± 0.6	18 ± 0.6	24 ± 0.6	24 ± 0.6	28 ± 0.6	33 ± 0.6
	Open-ended V-belts DIN 2216	0	0	0	0	0	0	0	21 ± 0.6	0	26 ± 0.6	33 ± 0.6
d _{d min}	V-belts	20	28	40	50	71	112	160	180	250	355	500
	Wedge belts	—	—	—	63	90	140	—	224	—	—	—
α		32° ± 1° d _d ≤ 50	32° ± 1° d _d ≤ 63	32° ± 1° d _d ≤ 75	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	34° ± 1° d _d ≤ 80	34° ± 1° d _d ≤ 118	34° ± 1° d _d ≤ 190	34° ± 1° d _d ≤ 250	34° ± 1° d _d ≤ 315	34° ± 1° d _d ≤ 355	—	—
		36° ± 1° d _d > 50	36° ± 1° d _d > 63	36° ± 1° d _d > 75	—	—	—	—	—	—	36° ± 30' d _d ≤ 500	36° ± 30' d _d ≤ 630
		—	—	—	38° ± 1° d _d > 80	38° ± 1° d _d > 118	38° ± 1° d _d > 190	38° ± 1° d _d > 250	38° ± 30' d _d > 315	38° ± 30' d _d > 355	38° ± 30' d _d > 500	38° ± 30' d _d > 630
Face width b ₂ for number of grooves z b ₂ = (z - 1) e + 2 f	1	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0	25.0	30.0	34.0	38.0	48.0	58.0
	2	16.0	20.0	24.0	28.0	35.0	44.0	53.0	59.5	67.0	85.0	102.5
	3	22.0	28.0	34.0	40.0	50.0	63.0	76.0	85.0	96.0	122.0	147.0
	4	28.0	36.0	44.0	52.0	65.0	82.0	99.0	110.5	125.0	159.0	191.5
	5	34.0	44.0	54.0	64.0	80.0	101.0	122.0	136.0	154.0	196.0	236.0
	6	40.0	52.0	64.0	76.0	95.0	120.0	145.0	161.5	183.0	233.0	280.5
	7	—	60.0	74.0	88.0	110.0	139.0	168.0	212.0	270.0	325.0	325.0
	8	—	—	84.0	100.0	125.0	158.0	191.0	212.5	241.0	307.0	369.5

Slika 18. Specifikacije remena

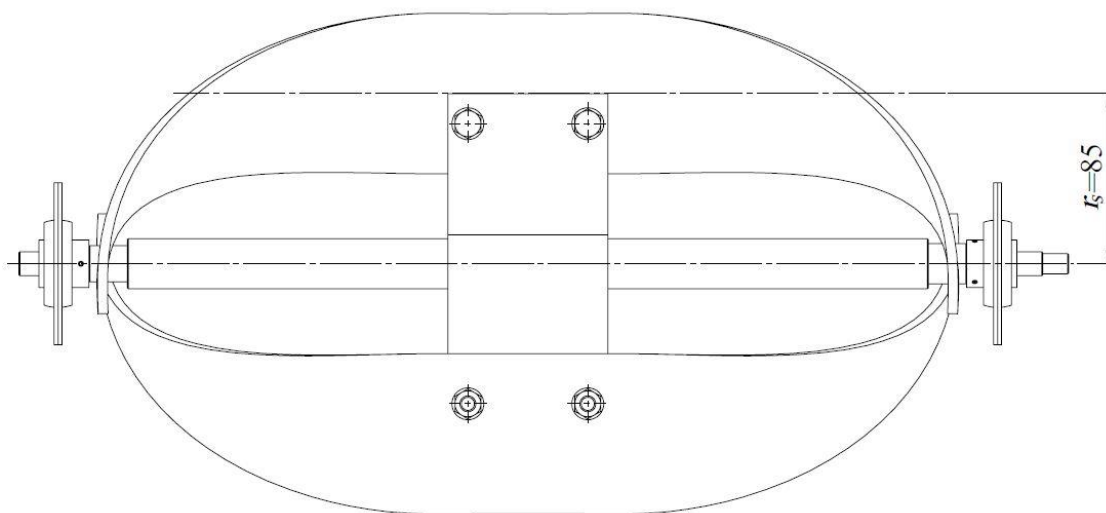
5.4.2. Izračun prijenosnog omjera

Kako bi se mogao izračunati promjer veće remenice i odrediti prijenosni omjer remenskog prijenosa, potrebno je izračunati potrebnu brzinu okretanja svrdla. Brzina okretanja svrdla određuje se prema dometu bacanja snijega, formulom za vertikalni hitac, gdje je domet bacanja jednak dometu vertikalnog hitca.

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = h = 5 \text{ m} \quad - \text{ domet vertikalnog hitca [22]} \quad (25)$$

Pri čemu je početna brzina vertikalnog hitca jednaka umnošku kutne brzine vratila, odnosno svrdla koje izbacuje snijeg, i srednjeg radijusa lopatice svrdla (Slika 19.).

$$v_0 = r_s \cdot \omega_s \quad - \text{ početna brzina vertikalnog hitca} \quad (26)$$



Slika 19. Srednji radijus lopatice svrdla

Iz izraza (25) se izračunava početna brzina vertikalnog hitca:

$$v_0^2 = H \cdot 2g \quad - \text{ brzina vertikalnog hitca}$$

$$v_0 = \sqrt{H \cdot 2g} = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 9,81} = 9,9 \text{ m/s} \quad (27)$$

Kutna brzina svrdla se računa iz izraza (26), uvrštavanjem izraza (27):

$$\omega_s = \frac{v_0}{r_s} = \frac{9,9}{0,085} = 116,47 \text{ s}^{-1} \quad - \text{ kutna brzina svrdla} \quad (28)$$

$$r_s = 85 \text{ mm} \quad - \text{ srednji radijus svrdla}$$

Potrebni prijenosni omjer remenskog prijenosa dobivamo iz omjera kutne brzine izlaznog vratila motora i kutne brzine svrdla.

$$i_{RP,p} = \frac{\omega_M}{\omega_S} = \frac{272,27}{116,47} = 2,34 \quad - \text{ potrební prijenosni omjer remenskog prijenosa} \quad (29)$$

Odabrani prijenosni omjer:

$$i_{RP} = 2,3 \quad - \text{ odabrani prijenosni omjer} \quad (30)$$

Promjer gonjene remenice računa se prema odabranom prijenosnom omjeru (30):

$$D_2 = D_1 \cdot i_{RP} = 50 \cdot 2,3 = 115 \text{ mm} \quad - \text{ promjer gonjene remenice} \quad (31)$$

Prema odabranom prijenosnom omjeru (30) računa se i stvarna kutna brzina svrdla te brzina izbacivanja snijega, odnosno stvarna početna brzina vertikalnog hitca.

$$\omega_{S,stv} = \frac{\omega_M}{i_{RP}} = \frac{272,27}{2,3} = 118,38 \text{ s}^{-1} \quad - \text{ stvarna kutna brzina svrdla} \quad (32)$$

$$v_{0,stv} = \omega_{S,stv} \cdot r_s \quad (33)$$

$$v_{0,stv} = 118,38 \cdot 0,085 = 10,06 \text{ m/s} \quad - \text{ stvarna brzina izbacivanja snijega}$$

Stvarna brzina okretanja svrdla, a samim time i brzina izbacivanja snijega, veća je od prethodno izračunate potrebne brzine kojom se izbacuje snijeg i time je zadovoljen uvjet dometa izbacivanja od 5 metara.

Konačno, računa se i broj okretaja svrdla:

$$n_S = \frac{n_M}{i_{RP}} = \frac{2600}{2,3} = 1130,4 \text{ o/min} \quad - \text{ broj okretaja svrdla} \quad (34)$$

5.4.3. Proračun zatezne remenice

Kako bi se postigla dovoljna sila u remenu i omogućio učinkovit rad remenskog prijenosa, na slobodni ogranak remena se postavlja zatezna remenica koja služi za zatezanje remena i nakon što se on rastegne. Također, omogućuje lakšu montažu remena, manje predzatezanje i veći obuhvatni kut [20].

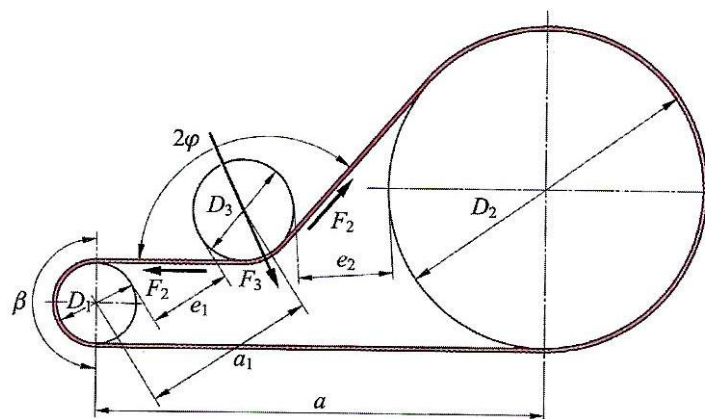
Konstrukcijom je određen osni razmak pogonskog i gonjenog vratila (Slika 23.):

$$a = 210 \text{ mm} \quad - \text{ osni razmak vratila} \quad (35)$$

Udaljenost zatezne remenice od pogonske određena je izrazom (36):

$$a_1 \geq D_1 + D_3 = 50 + 55 = 105 \text{ mm} \quad - \text{ potrební osni razmak između pogonske i zatezne remenice, prema [20]} \quad (36)$$

$$D_3 = 55 \text{ mm} \quad - \text{ promjer zatezne remenice}$$



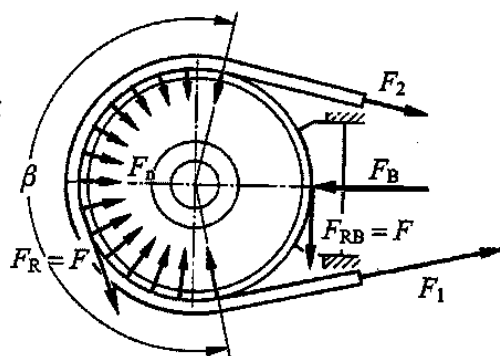
Slika 20. Shema remenskog prijenosa

Odabran je osni razmak između pogonske i zatezne remenice (Slika 23.):

$$a_{kon} = 107 \text{ mm}$$

- odabrani osni razmak između pogonske i
zatezne remenice

Kako bi se izračunala tlačna sila zatezne remenice, odnosno sila kojom zatezna remenica treba pritiskati remen, najprije je potrebno izračunati sile u vučnom i slobodnom ogranku. Proračun se vrši prema momentu koji se prenosi remenom i prema promjeru remenica [20]. Također se uzimaju u obzir obuhvatni kut i sila trenja između remena i remenice.



Slika 21. Sile u remenu

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\beta}$$

- vučna sila u remenu (37)

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu\beta}}$$

- sila u slobodnom ogranku (38)

$$\mu = 0,35$$

- prema [20], faktor trenja između remena i
remenice

$$\beta = 185^\circ = \frac{37}{36}\pi \text{ rad}$$

- obuhvatni kut na pogonskoj remenici,
iz konstrukcije (Slika 22.)

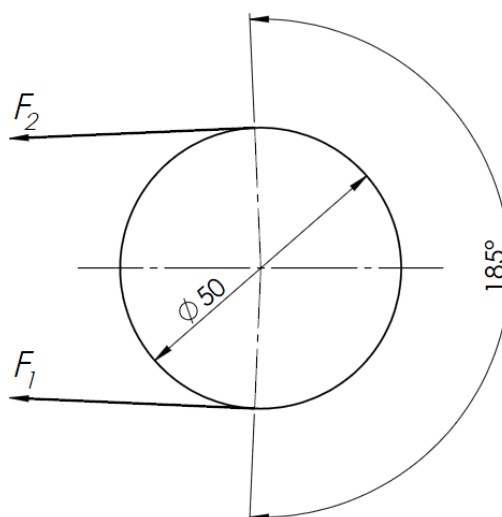
Prema momentu na izlaznom vratilu motora i promjeru pogonske remenice, računa se sila u vučnom ogranku remena:

$$T_M = F_1 \cdot r_1 \quad \text{- moment izlaznog vratila motora} \quad (39)$$

$$F_1 = \frac{T_M}{r_1} = \frac{1,65}{0,025} = 66 \text{ N} \quad \text{- sila u vučnom ogranku} \quad (40)$$

Uvrštavanjem vrijednosti izraza (40) u izraz (38) računa se sila u slobodnom ogranku:

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu\beta}} = \frac{66}{e^{0,35 \cdot \frac{37}{36}\pi}} = 21,31 \cong 22 \text{ N} \quad (41)$$



Slika 22. Sile na remenici

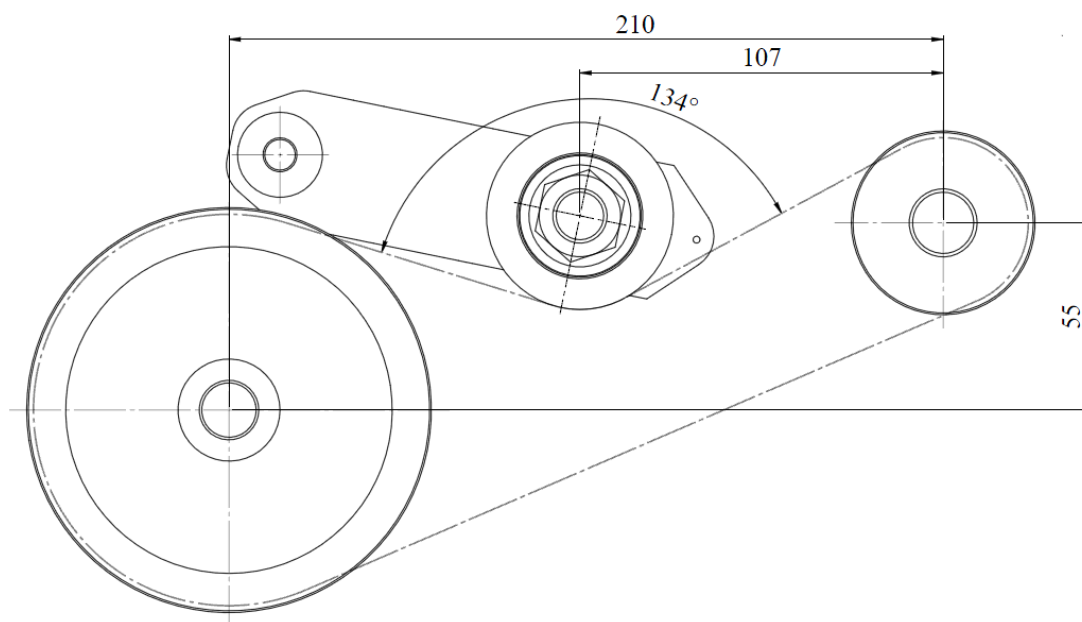
Potrebna tlačna sila zatezne remenice [20]:

$$F_3 = 2F_2 \cdot \cos \varphi \quad \text{- tlačna sila zatezne remenice} \quad (42)$$

$$2\varphi = 134^\circ \quad \text{- kut zatezne remenice (Slika 20.) određen iz konstrukcije (Slika 23.)}$$

$$\varphi = \frac{134}{2} = 67^\circ$$

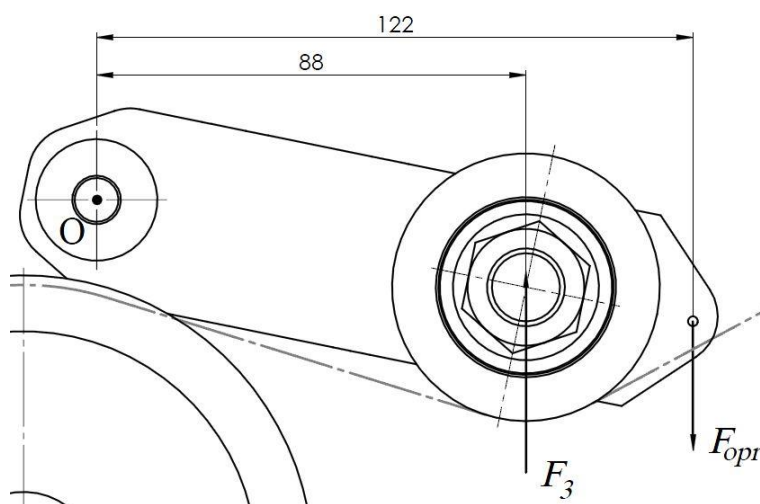
$$F_3 = 2F_2 \cdot \cos \varphi = 2 \cdot 22 \cdot \cos 67^\circ = 17,2 \text{ N}$$



Slika 23. Osnovne dimenzije remenskog prijenosa

5.4.4. Proračun opruge zatezne remenice

Tlačna sila zatezne remenice ostvaruje se preko vlačne opruge vezane za nosač zatezne remenice. Za proračun opruge potrebno je izračunati silu u opruzi, a računamo ju prema potrebnoj tlačnoj sili, F_3 .



Slika 24. Potrebna sila u opruzi

Preko sume momenata oko točke O dolazimo do sile u opruzi:

$$\sum M_o = 0 \quad (43)$$

$$F_3 \cdot 88 = F_{opr} \cdot 122 \quad (44)$$

$$F_{opr} = \frac{F_3 \cdot 88}{122} = \frac{17,2 \cdot 88}{122} = 12,4 \text{ N} \quad - \text{ potrebna sila u opruzi} \quad (45)$$

Odabire se promjer žice, materijal, srednji promjer opruge, opruženje, odnosno hod opruge i aktivni broj navoja, prema [20].

$$\begin{aligned} d_z &= 1,05 \text{ mm} & - \text{ promjer žice} \\ D_{sr} &= 10 \text{ mm} & - \text{ srednji promjer opruge} \\ f &= 17 \text{ mm} & - \text{ opruženje, hod opruge} \\ i_f &= 8 & - \text{ broj navoja s opružnim djelovanjem} \\ G &= 83000 \text{ N/mm}^2 & - \text{ modul klizanja materijala, prema} \\ & & \text{DIN 17223, poboljšani čelik za opruge FD} \end{aligned}$$

Proračun čvrstoće opruge, prema [20]:

$$\tau_i = \frac{G \cdot d_z}{\pi \cdot i_f \cdot D_{sr}^2} \cdot f \quad - \text{ idealno torzijsko naprezanje} \quad (46)$$

$$\tau_i = \frac{83000 \cdot 1,05}{\pi \cdot 8 \cdot 10^2} \cdot 17 = 589,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = k \cdot \tau_i = 1,14 \cdot 589,5 = 672,03 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{ maksimalno torzijsko naprezanje} \quad (47)$$

$$\begin{aligned} k &= 1,14 & - \text{ faktor za vlačne i tlačne vijčane opruge,} \\ & & \text{prema DIN 2089, za } \frac{D_{sr}}{d_z} = 9,52 \end{aligned}$$

Dopušteno naprezanje opruge:

$$\sigma_{dop} = \tau_{dop} = 0,4 \cdot \sigma_M \quad (48)$$

$$\sigma_M = 1800 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{ vlačna čvrstoća za opruge DIN 2016, materijal FD prema DIN 17223}$$

$$\tau_{dop} = 0,4 \cdot \sigma_M = 0,4 \cdot 1800 = 720 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = 672,03 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} \quad - \text{ opruga zadovoljava} \quad (49)$$

Pošto se zateznom remenicom kompenzira i produljenje remena, a produljenjem remena se smanjuje kut 2φ (Slika 20.), čime raste potrebna tlačna sila zatezne remenice, opruga je dimenzionirana tako da uvijek ostvaruje dovoljnu silu pritiska. Kod montaže se opruga rasteže za proračunsko opruženje od 17 mm, a kako se remen produljuje, tako se opruženje smanjuje.

Provjera sile u opruzi radi se za slučaj kada se remen produži za 7 mm, prilikom čega se kut 2φ smanji na 123° .

$$2\varphi_1 = 123^\circ \quad - \text{ smanjeni kut na zateznoj remenici}$$

$$\varphi_1 = \frac{123}{2} = 61,5^\circ$$

$$F_{3,dod} = 2F_2 \cdot \cos \varphi_1 \text{ N} \quad - \text{ sila na zateznoj remenici nakon produženja remena od 7 mm} \quad (50)$$

$$F_{3,dod} = 2 \cdot 22 \cdot \cos 61,5^\circ = 20,99 \cong 21 \text{ N}$$

Prilagodbom izraza (45) dobiva se sila u opruzi koja je potrebna nakon produljenja remena:

$$F_{opr,dod} = \frac{F_{3,dod} \cdot 88}{122} = \frac{21 \cdot 88}{122} = 15,15 \text{ N} \quad (51)$$

Provjera sile u opruzi u početnom položaju:

$$F_{o,p} = \frac{G \cdot d_z^4 \cdot f}{8 \cdot D_{sr}^3 \cdot i_f} \quad - \text{ sila u opruzi u početnom položaju} \quad (52)$$

$$F_{o,p} = \frac{83000 \cdot 1,05^4 \cdot 17}{8 \cdot 10^3 \cdot 8} = 26,8 \text{ N}$$

$$F_{o,p} = 26,8 > F_{opr} = 12,4 \text{ N} \quad - \text{ opruga zadovoljava} \quad (53)$$

Provjera sile u opruzi nakon rastezanja remena:

$$F_{o,k} = \frac{G \cdot d_z^4 \cdot f_k}{8 \cdot D_{sr}^3 \cdot i_f} \quad - \text{ sila u opruzi u konačnom položaju} \quad (54)$$

$$F_{o,k} = \frac{83000 \cdot 1,05^4 \cdot 12}{8 \cdot 10^3 \cdot 8} = 18,9 \text{ N}$$

$$f_k = 12 \text{ mm} \quad - \text{ opruženje opruge nakon rastezanja remena}$$

$$F_{o,k} = 18,9 > F_{opr,dod} = 15,15 \text{ N} \quad - \text{ opruga zadovoljava} \quad (55)$$

5.5. Proračun vratila

5.5.1. Proračun vratila svrdla

Gonjeno vratilo na kojem se nalazi svrdlo za izbacivanje snijega opterećeno je na torziju i savijanje. Proračunava se najmanji presjek vratila, ispod gonjene remenice, na kojem je vratilo najviše opterećeno. Moment torzije proizlazi iz prijenosnog omjera remenskog prijenosa i momenta na izlaznom vratilu motora.

$$M_t = T_M \cdot i_{RP} = 1,65 \cdot 2,3 = 3,795 \text{ Nm} \quad - \text{moment torzije} \quad (56)$$

Prema momentu torzije izračunava se tangencionalno naprezanje vratila:

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{3,795 \cdot 10^3}{339,3} = 11,2 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{tangencionalno naprezanje vratila} \quad (57)$$

$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d_v^3 = \frac{\pi}{16} \cdot 12^3 = 339,3 \text{ mm}^3 \quad - \text{torzijski moment otpora} \quad (58)$$

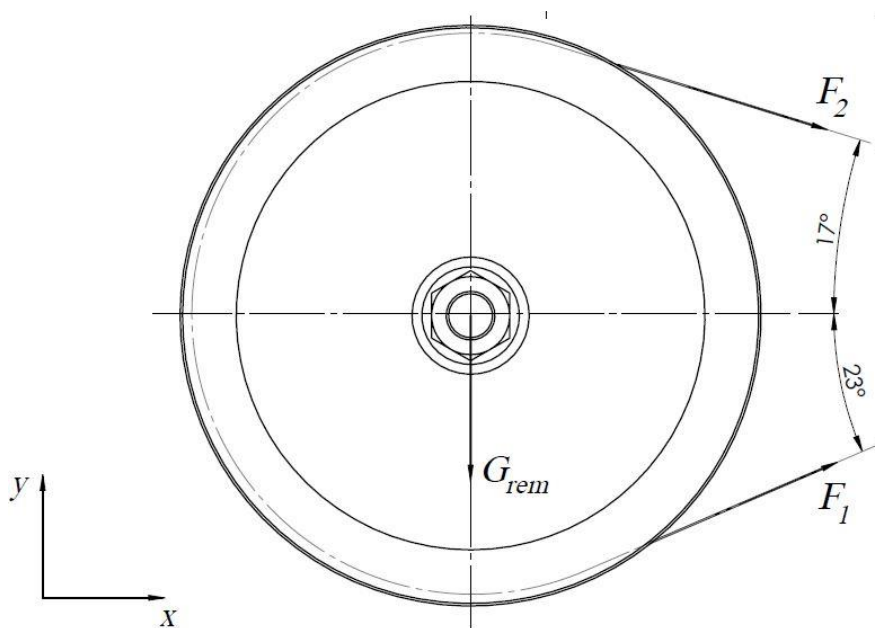
$$d_v = 12 \text{ mm} \quad - \text{promjer vratila}$$

Preko sila u remenu F_1 i F_2 te vlastite težine gonjene remenice G_{rem} , računa se rezultantna sila koja opterećuje vratilo i koja uzrokuje moment savijanja.

$$F_1 = 66 \text{ N}$$

$$F_2 = 22 \text{ N}$$

$$G_{rem} = 6,5 \text{ N} \quad - \text{težina gonjene remenice, iz konstrukcije}$$



Slika 25. Sile na vratilu svrdla

Na Slici 25. prikazane su sile koje opterećuju vratilo i prema tome se računa rezultatna sila na vratilu.

$$F_x = F_1 \cdot \cos 23^\circ + F_2 \cdot \cos 17^\circ \quad - \text{ sila u smjeru osi } x \quad (59)$$

$$F_y = F_1 \cdot \sin 23^\circ - F_2 \cdot \sin 17^\circ - G_{rem} \quad - \text{ sila u smjeru osi } y \quad (60)$$

$$F_x = 66 \cdot \cos 23^\circ + 22 \cdot \cos 17^\circ = 81,8 \text{ N} \quad (61)$$

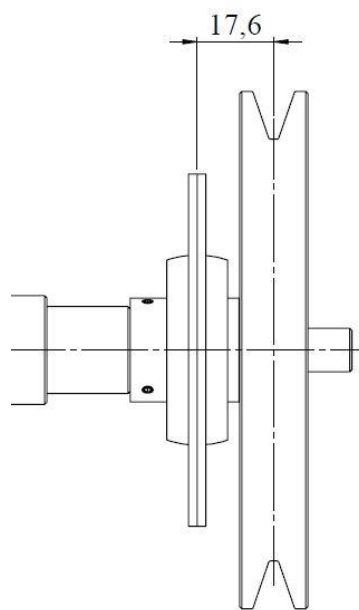
$$F_y = 66 \cdot \sin 23^\circ - 22 \cdot \sin 17^\circ - 6,5 = 12,95 \text{ N} \quad (62)$$

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad - \text{ rezultatna sila na vratilu} \quad (63)$$

$$F_R = \sqrt{81,8^2 + 12,85^2} = 82,8 \text{ N}$$

Prema Slici 26. izračunava se moment savijanja vratila koji ovisi o udaljenosti djelovanja sile od oslonca.

$$M_f = F_R \cdot 17,6 = 82,8 \cdot 18 \cong 1490 \text{ Nmm} \quad - \text{ moment savijanja} \quad (64)$$



Slika 26. Udaljenost djelovanja sile od oslonca

Naprezanje uslijed savijanja računa se prema:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} = \frac{1490}{172,8} = 8,62 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{ naprezanje uslijed savijanja} \quad (65)$$

$$W \approx 0,1 \cdot d_v^3 = 0,1 \cdot 12^3 = 172,8 \text{ mm}^3 \quad - \text{ moment otpora} \quad (66)$$

Kako bi se provjerila čvrstoća vratila u promatranom presjeku, računa se ekvivalentno naprezanje. Tim naprežanjem je opterećenje vratila svedeno na savijanje, a prema hipotezi o najvećem deformacijskom radu pri promjeni oblika iznosi [20]:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_f^2 + (3\alpha_0^2)\tau_t^2} \quad - \text{ekvivalentno naprezanje} \quad (67)$$

$$3\alpha_0^2 = 1,47 \quad - \text{faktor odnosa naprežanja na savijanje i uvijanje prema [20], jednosmjerno promjenjiva torzija}$$

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{8,62^2 + 1,47 \cdot 11,2^2}$$

$$\sigma_{ekv} = 16,08 \cong 16 \text{ N/mm}^2$$

Dopušteno naprezanje vratila za austenitni čelik W.Nr. 1.4301 (AISI 304) iznosi:

$$\sigma_{dop,v} = \frac{R_e}{3} = \frac{206,8}{3} = 68,9 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{dopušteno naprezanje} \quad (68)$$

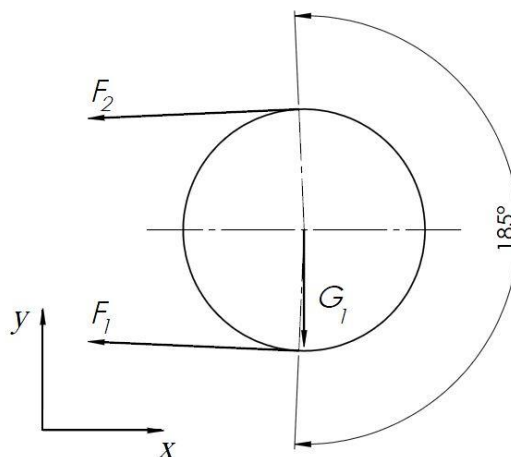
$$R_e = 206,8 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{granica razvlačenja}$$

Usporedba dopuštenog i ekvivalentnog naprežanja vratila:

$$\sigma_{ekv} = 16 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop,v} = 68,9 \text{ N/mm}^2 - \text{vratilo zadovoljava}$$

5.5.2. Provjera izlaznog vratila motora

Prema podacima proizvođača [15], maksimalna dopuštena radijalna sila na vratilu motora iznosi 250 N. Slika 27. pokazuje sile koje opterećuju vratilo motora, a za provjeru čvrstoće je uspoređena rezultanta tih sila s maksimalnom dopuštenom silom na vratilu.



Slika 27. Sile na pogonskom vratilu

$$F_{\max} = 250 \text{ N}$$

$$F_1 = 66 \text{ N}$$

$$F_2 = 22 \text{ N}$$

$$G_1 = 1,3 \text{ N}$$

- težina pogonske remenice, iz konstrukcije

Pošto su sile F_1 i F_2 približno paralelne, može se računati da je rezultantna sila u smjeru osi x jednaka:

$$F_{x1} = -F_1 - F_2 = -66 - 22 = -88 \text{ N} \quad \text{- rezultantna sila u smjeru osi } x \quad (69)$$

$$F_{y1} = -1,3 \text{ N} \quad \text{- rezultantna sila u smjeru osi } y \quad (70)$$

$$F_{R1} = \sqrt{F_{x1}^2 + F_{y1}^2} \quad \text{- rezultantna sila na vratilu motora}$$

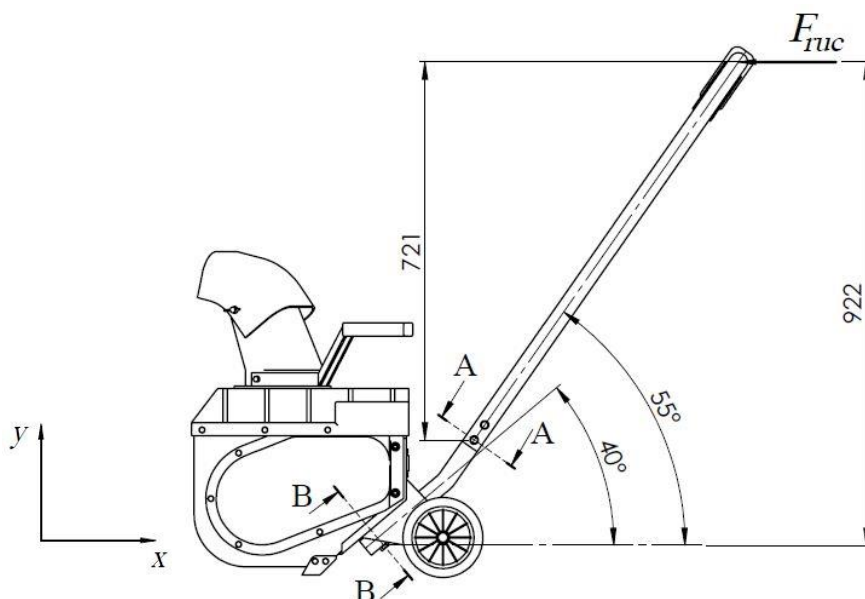
$$F_{R1} = \sqrt{(-88)^2 + (-1,3)^2} \cong 88 \text{ N} \quad (71)$$

$$F_{R1} = 88 \text{ N} < F_{\max} = 250 \text{ N} \quad \text{- vratio zadovoljava}$$

5.6. Proračun ručki

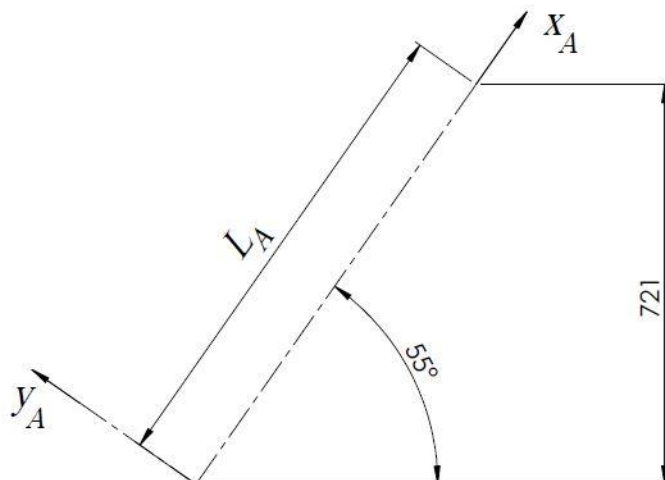
Ručke za guranje uređaja proračunavaju se na savijanje s obzirom na silu kojom korisnik gura stroj pri čišćenju snijega. Pretpostavljena ručna sila guranja je 200 N.

$$F_{ruc} = 200 \text{ N} \quad \text{- sila na ručkama} \quad (72)$$



Slika 28. Sile na ručkama

Provjera naprezanja se radi na dva presjeka, A-A i B-B. Za presjek A-A uvodi se lokalni koordinatni sustav x_A, y_A koji je zakrenut za 55° u odnosu na sustav x, y .



Slika 29. Lokalni koordinatni sustav presjeka A-A

Računa se udaljenost L_A hvatišta ručne sile i presjeka A-A (Slika 29.):

$$L_A = \frac{721}{\sin(55^\circ)} = 880 \text{ mm} \quad - \text{ udaljenost na presjeku A-A} \quad (73)$$

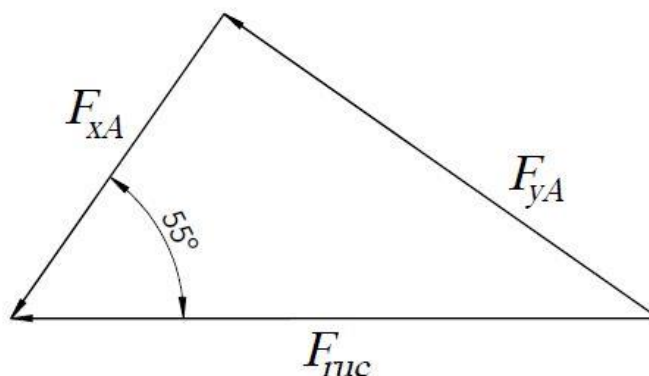
Izračunate su komponente ručne sile u smjerovima osi x_A i y_A (Slika 30.):

$$|F_{xA}| = F_{ruc} \cdot \cos(55^\circ) \quad - \text{ sila u smjeru osi } x_A \quad (74)$$

$$|F_{xA}| = 200 \cdot \cos(55^\circ) = 114,7 \text{ N}$$

$$|F_{yA}| = F_{ruc} \cdot \sin(55^\circ) \quad - \text{ sila u smjeru osi } y_A \quad (75)$$

$$|F_{yA}| = 200 \cdot \sin(55^\circ) = 163,8 \text{ N}$$



Slika 30. Sile na presjeku A-A

Moment savijanja u presjeku A-A iznosi:

$$M_{fA} = F_{yA} \cdot L_A \quad - \text{moment savijanja u presjeku A-A} \quad (76)$$

$$M_{fA} = 163,8 \cdot 880 = 144144 \text{ Nmm}$$

Naprezanje ovisi o dimenzijama cijevi od kojih su napravljene ručke. Odabran je standardni promjer cijevi od 35 mm i debljina stijenke od 1,5 mm. Materijal cijevi je nehrđajući austenitni čelik W.Nr. 1.4301 (AISI 304) s granicom razvlačenja $R_e = 206,8 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{A-A} = \frac{M_{fA}}{W_C} = \frac{144144}{1291,6} = 111,6 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{naprezanje u presjeku A-A} \quad (77)$$

$$W_A \approx 0,1 \cdot \frac{D_{CA}^4 - d_{CA}^4}{D_{CA}} \quad - \text{moment otpora na presjeku A-A} \quad (78)$$

$$D_{CA} = 35 \text{ mm} \quad - \text{vanjski promjer cijevi}$$

$$d_{CA} = 32 \text{ mm} \quad - \text{unutarnji promjer cijevi}$$

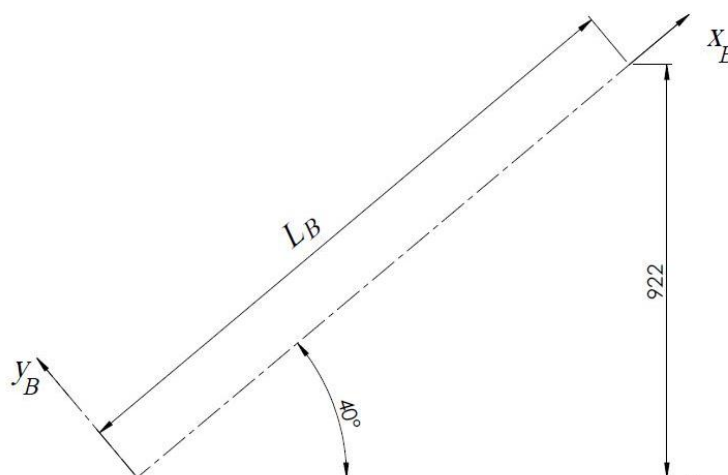
$$W_A \approx 0,1 \cdot \frac{35^4 - 32^4}{35} = 1291,6 \text{ mm}^3$$

Provjera sigurnosti presjeka cijevi:

$$S_A = \frac{R_e}{\sigma_{A-A}} = \frac{206,8}{111,6} = 1,85 \quad - \text{sigurnost presjeka A-A,} \quad (79)$$

- cijev zadovoljava

Za presjek B-B se uvodi lokalni koordinatni sustav x_B, y_B koji je zakrenut za 40° u odnosu na sustav x, y .



Slika 31. Lokalni koordinatni sustav presjeka B-B

Računa se udaljenost L_A hvatišta ručne sile i presjeka A-A (Slika 29.):

$$L_B = \frac{922}{\sin(40^\circ)} = 1434 \text{ mm} \quad - \text{ udaljenost na presjeku B-B} \quad (80)$$

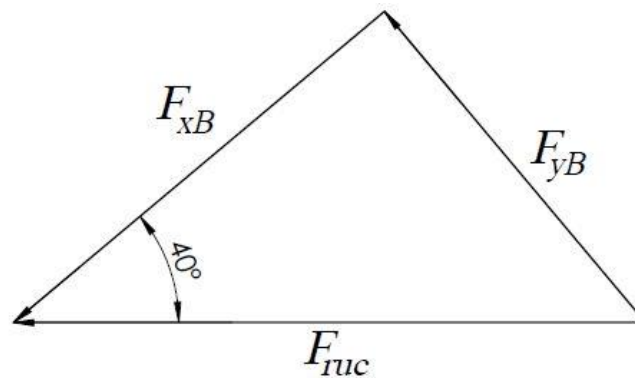
Izračunate su komponente ručne sile u smjerovima osi x_B i y_B (Slika 32.):

$$|F_{xB}| = F_{ruc} \cdot \cos(40^\circ) \quad - \text{ sila u smjeru osi } x_B \quad (81)$$

$$|F_{xB}| = 200 \cdot \cos(40^\circ) = 153,2 \text{ N}$$

$$|F_{yB}| = F_{ruc} \cdot \sin(40^\circ) \quad - \text{ sila u smjeru osi } y_B \quad (82)$$

$$|F_{yB}| = 200 \cdot \sin(40^\circ) = 128,6 \text{ N}$$



Slika 32. Sile na presjeku B-B

Moment savijanja u presjeku B-B iznosi:

$$M_{fB} = F_{yB} \cdot L_B \quad - \text{ moment savijanja u presjeku B-B} \quad (83)$$

$$M_{fB} = 128,55 \cdot 1434 = 184340 \text{ Nmm}$$

Naprezanje σ u ovom slučaju ovisi o dimenzijama cijevi od kojih su napravljene ručke. Za ovaj dio ručki odabran je isti standardni promjer cijevi od 35 mm, ali debljina stijenke sada iznosi 1,5 mm. Materijal cijevi nepromijenjen, nehrđajući austenitni čelik W.Nr. 1.4301 (AISI 304) s granicom razvlačenja $R_e = 206,8 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{B-B} = \frac{M_{fB}}{W_B} = \frac{184340}{1648,9} = 111,8 \text{ N/mm}^2 \quad - \text{ naprezanje u presjeku B-B} \quad (84)$$

$$W_B \approx 0,1 \cdot \frac{D_{CB}^4 - d_{CB}^4}{D_{CB}} \quad - \text{ moment otpora na presjeku B-B} \quad (85)$$

$$D_{CB} = D_{CA} = 35 \text{ mm}$$

- vanjski promjer cijevi

$$d_{CB} = 31 \text{ mm}$$

- unutarnji promjer cijevi

$$W_B \approx 0,1 \cdot \frac{35^4 - 31^4}{35} = 1648,9 \text{ mm}^3$$

Provjera sigurnosti presjeka cijevi:

$$S_B = \frac{R_e}{\sigma_{B-B}} = \frac{206,8}{111,8} = 1,85$$

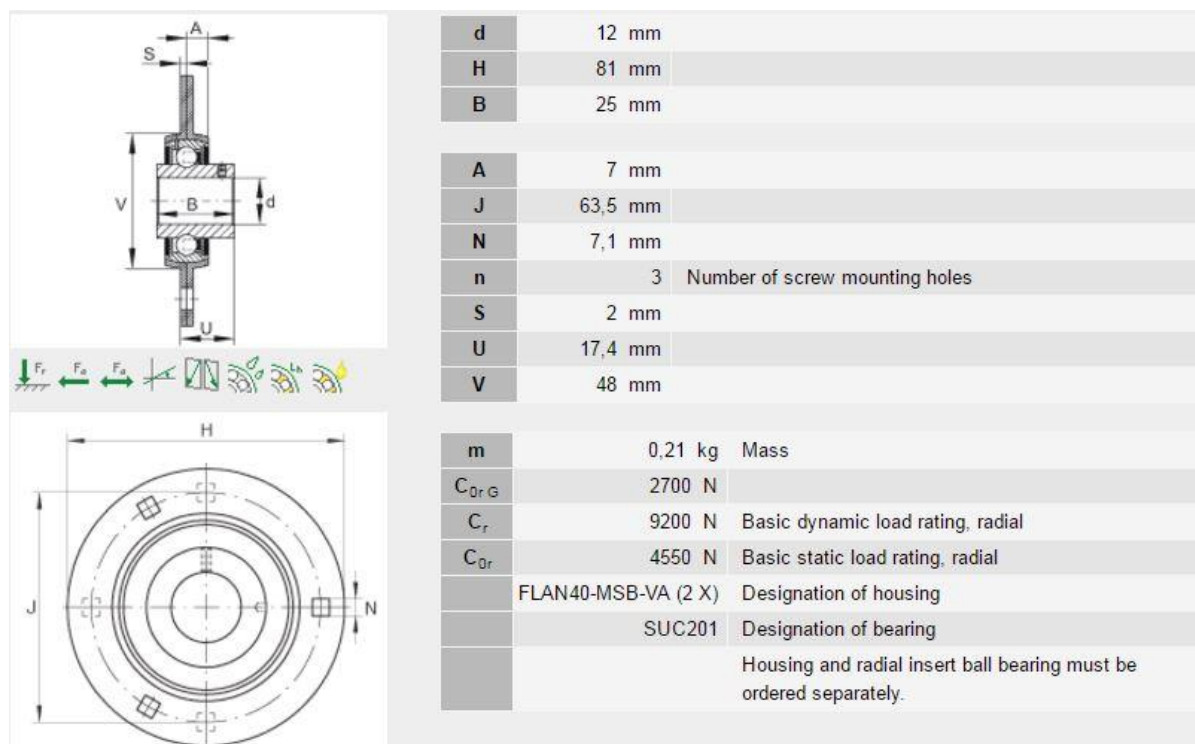
- sigurnost presjeka B-B, (86)

- cijev zadovoljava

5.7. Odabir ležajeva

5.7.1. Ležajevi gonjenog vratila

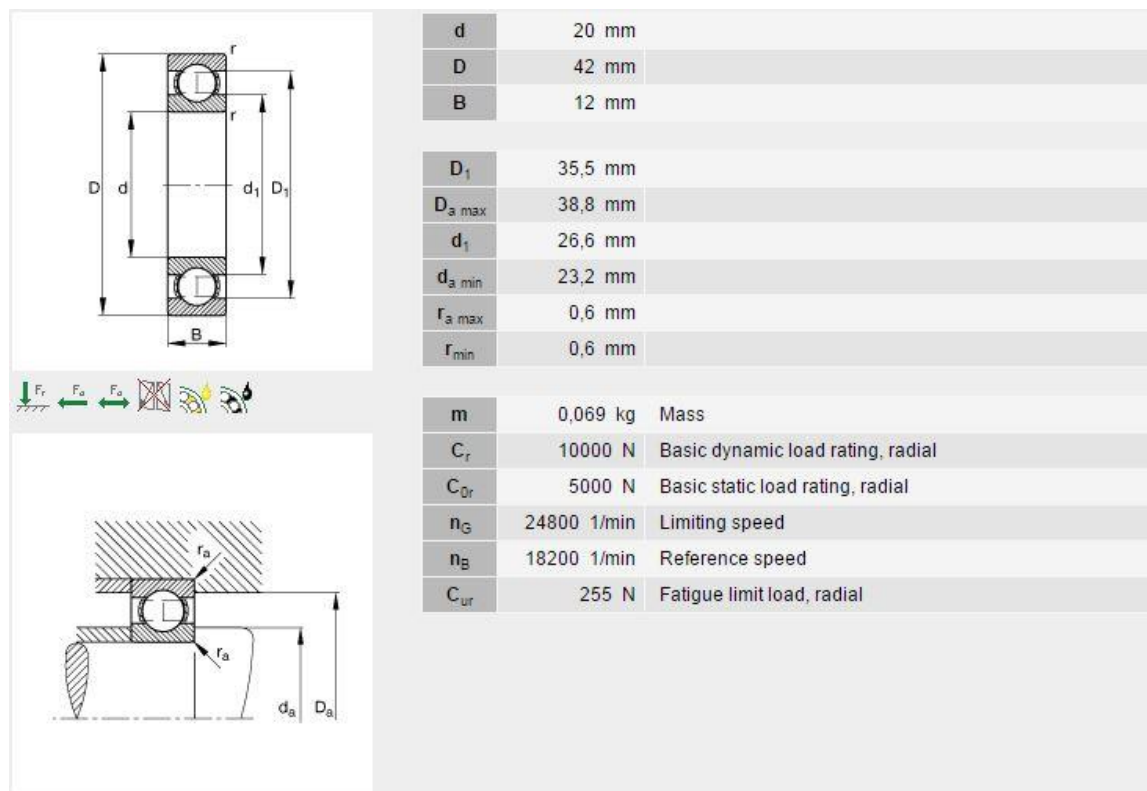
Ležajevi na koje je oslonjeno gonjeno vratilo sa svrdlom za izbacivanje snijega su gotove ležajne jedinice RRY12-VA [24] sastavljene od ležaja i kućišta koje se vijcima učvršćuje za kućište uređaja. Ležajne jedinice su opremljene brtvama i otporne su prema koroziji, što ih čini prikladnima za upotrebu u vlažnim uvjetima eksploatacije. Ležaj je odabran prema dimenzijama vratila i brzini vrtnje vratila, a sile na ležajevima su mnogo niže od nosivosti ležaja te je time osigurana pouzdanost.



Slika 33. Karakteristike ležaja vratila

5.7.2. Ležaj zatezne remenice

Za ležaj zatezne remenice, prema konstrukcijskim zahtjevima, odabran je ležaj 6004 [25] s dimenzijama prema DIN 625-1. Sile na ležaju su više redova veličine manje od maksimalnih dopuštenih za taj tip ležaja, čime je osigurana je sigurnost i dug vijek trajanja.



Slika 34. Karakteristike ležaja zatezne remenice

5.8. Odabir kotača

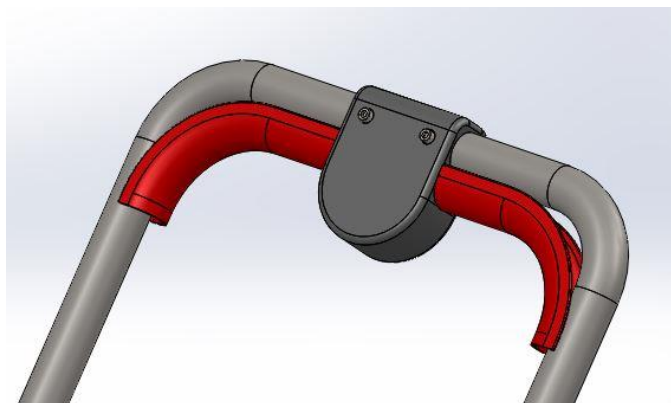
Odabrani su kotači Flymo 2015-F1-0003 [26] promjera 152,4 mm i širine 44,4 mm. U sebi imaju ugrađene ležajeve i montiraju se direktno na uređaj vijcima M12.



Slika 35. Kotač Flymo 2015-F1-0003

5.9. Odabir prekidača za pokretanje uređaja

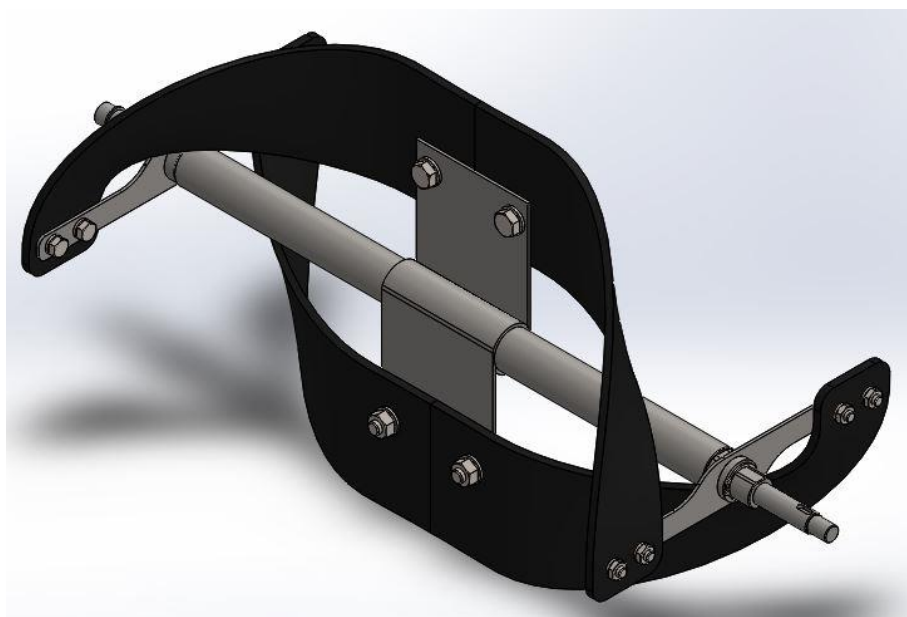
Prekidač za pokretanje uređaja je vezan za ručke i osigurava da uređaj ne može samostalno raditi ako korisnik nije za upravljačem, čime se smanjuje opasnost od ozljeda. Odabran je sklop prekidača Flymo 5050054039 koji se vijcima pričvršćuje na ručke [27].



Slika 36. Flymo prekidač

5.10. Lopatice za izbacivanje snijega

Lopatice za izbacivanje snijega rade se po narudžbi od posebne TICOR gume razvijene upravo za ovu primjenu. Materijal je otporan na niske temperature i udarce te je dovoljno snažan za primjenu i u teškim zimskim uvjetima [28]. Lopatice su vijcima pričvršćene za vratilo te se lako zamjenjuju novima nakon što se potroše.



Slika 37. Lopatice montirane na vratilo

5.11. Izbor materijala konstrukcije

5.11.1. Metalni dijelovi

Radni okoliš uređaja je snijeg, što znači da je vlaga stalno prisutna i da postoje uvjeti za nastanak korozije. Osim vlage, korozivnu atmosferu pojačava sol koja se posipava po zaleđenim površinama i koja je često prisutna u snijegu koji se čisti. Iz tog razloga su svi metalni dijelovi konstrukcije (ručke, vratila, remenice, nosač) napravljeni su od nehrđajućeg austenitnog čelika W.Nr. 1.4301, a vijci koji se koriste su pocinčani.

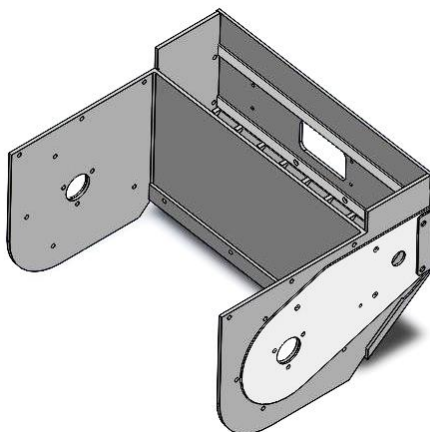
5.11.2. Plastični dijelovi

Zbog snižavanja mase, u najvećoj mogućoj mjeri se koriste polimerni materijali. Kao materijal od kojeg su izrađeni svi polimerni dijelovi odabran je Makroblend® (KU2-7912), smjesa polikarbonata (PC) i poli(butadien-tereftalata) (PBT) [29]. Koristi se za kućišta udarnih bušilica, poklopce motora, kosilice i dijelove automobila, a odlikuje se dimenzijskom stabilnošću, otpornošću na vremenske nepogode i dobrim preradbenim svojstvima. Isto tako, ima visoku čvrstoću i pri niskim temperaturama, otporan je na udarce i prikladan je za bojanje, čime zadovoljava sve zahtjeve koji se pojavljuju kod ove vrste uređaja.

5.12. Opis konačnog rješenja

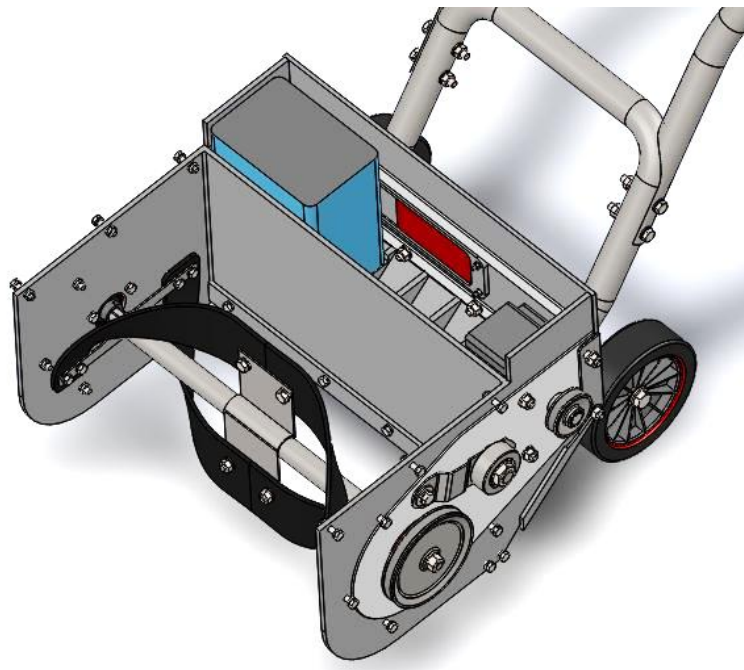
Dio konstrukcije razrade proizvoda je i izrada 3D CAD modela, a softver u kojem je napravljen model je SolidWorks 2014. Detaljno je konstruiran i razrađen cijeli uređaj sa svim komponentama i napravljen je sklop uređaja te je izračunata je približna masa čistača od 32 kg.

Nosivi dio konstrukcije se sastoji od polimernog kućišta izrađenog iz dva dijela i čeličnog okvira koji služi kao ojačanje i koji podupire polimernu osnovu kućišta.



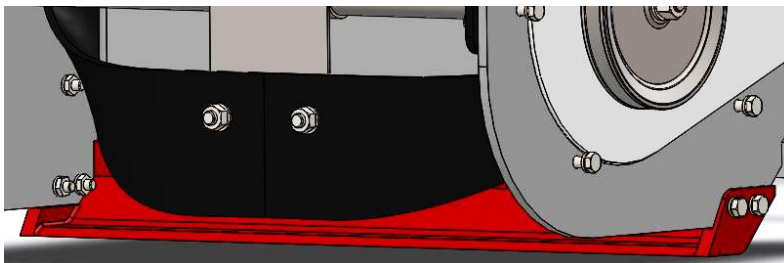
Slika 38. Nosiva konstrukcija uređaja

Na nosivu konstrukciju se montiraju svi ostali elementi uređaja. Montira se vratilo s lopaticama za izbacivanje snijega, ležajevi, remenski prijenos, motor, baterija, kotači i svi ostali dijelovi.



Slika 39. Montaža komponenata uređaja

S donje strane uređaja je vijcima pričvršćen strugač koji struže snijeg s površine čišćenja i lako je izmjenjiv nakon što se ošteti u eksploataciji.



Slika 40. Strugač

Nakon postavljanja svih unutarnjih dijelova uređaja, montiraju se poklopci remenica i ležajeva, a s gornje strane se postavlja poklopac kućišta s unaprijed montiranim usmjerivačem snijega. Usmjerivač je moguće rotirati pomoću ručke u željenom smjeru, a može se podesiti i kut izbacivanja snijega u vertikalnom smjeru, ovisno o tome želi li korisnik višu ili nižu visinu izbacivanja. Poklopci remenica i ležaja, kao i gornji dio kućišta, vijcima su pričvršćeni za konstrukciju te je moguća jednostavna demontaža u slučaju popravka ili izmjene pojedinih

komponenti. Kako bi se omogućilo lako punjenje baterije, bez potrebe za skidanjem dijelova kućišta, sa stražnje strane kućišta se nalaze klizna vratašca, vidljiva u pogledu straga, na Slici 42.



Slika 41. 3D model uređaja, a)



Slika 42. 3D model uređaja, b)

6. Zaključak

Snježne padaline predstavljaju problem za veliki broj ljudi, otežavaju kretanje i obavljanje svakodnevnih poslova pa je učinkovito uklanjanje snijega prioritet većine stanovnika koji žele nesmetano ispunjavati svakodnevne zadatke neovisno o vremenskim uvjetima, a iz tog razloga su strojevi za uklanjanje snijega sve zastupljeniji na tržištu i sve atraktivniji korisnicima.

U ovom radu je konstruiran uređaj kojem su ciljana grupa korisnika privatni korisnici koji uređaj koriste za vlastite potrebe, za čišćenje prilaza kućama i dvorišta u krajevima s prosječnim ili manjim količinama oborina. S obzirom na zahtjeve postavljene u definiciji cilja i tehničkoj specifikaciji te ograničenja baterijskog pogona, koncipiran je i konstruiran jednostupanjski čistač snijega. Motor i baterija su odabrani prema kriteriju najveće moguće snage i kapaciteta koje je moguće ostvariti uz zadržavanje kompaktnih dimenzija i prihvatljive mase komponenti, a rezultat je uređaj koji je snagom i kapacitetom baterija otprilike dvostruko jači od sličnih uređaja na tržištu. S masom od 32 kg ovaj uređaj teži je od prethodno navedenih, slabijih modela, ali je još uvijek konkurentan, posebice ako se usporedi s modelima pokretanim klasičnim motorima s unutarnim izgaranjem čije mase prelaze 40 kg. Time konstruirani čistač popunjava svojevrsnu rupu na tržištu između baterijskih i motorih čistača te se masom i snagom smješta na pola puta između te dvije vrste. Posjeduje sve prednosti baterijskih čistača poput tihog rada, jednostavnog održavanja i laganog korištenja, uz veću snagu čišćenja te bi mogao biti logičan odabir za kupce kojima su postojeći uređaji bili preslabi, a žele električni uređaj pogonjen baterijama.

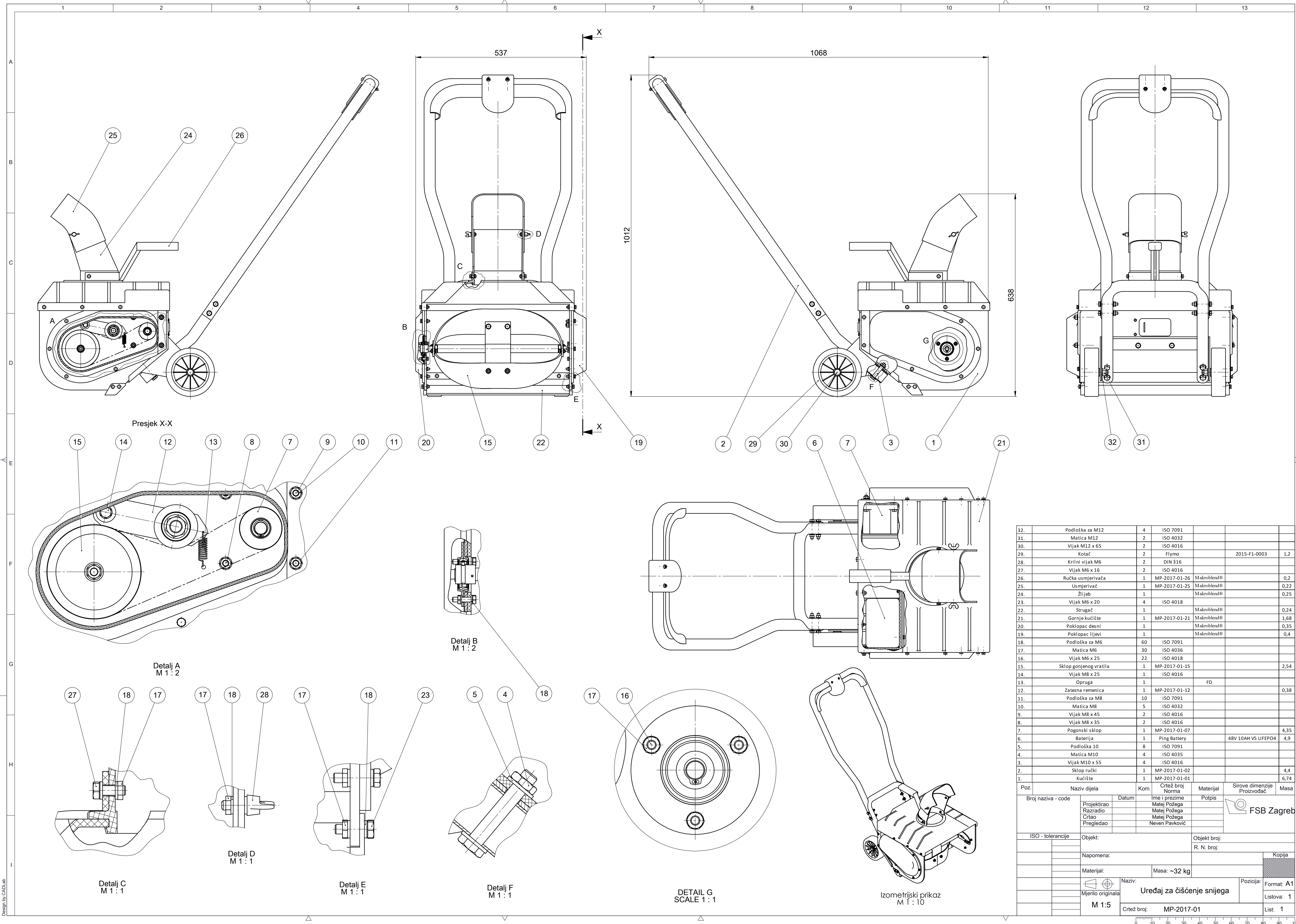
LITERATURA

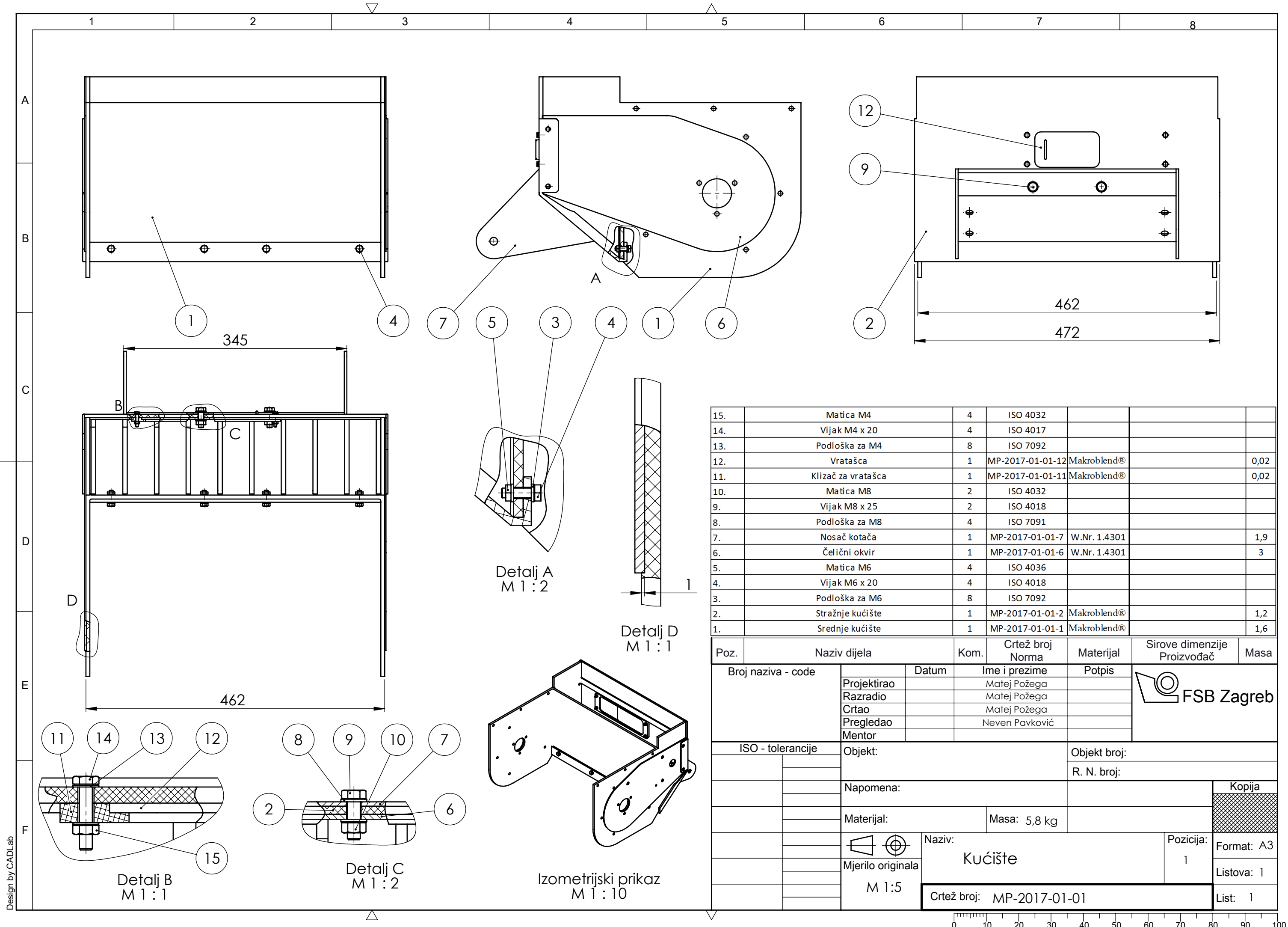
- [1] Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Androić, B., Džeba, I., Dujmović, D.: *Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom*, Građevinar 53 (2001) 6, 363-368
- [2] <https://www.google.hr/imghp?hl=hr&tab=wi&ei=q2t3WNmDNaqP6ATRsBE&ved=0EKouCBEoAQ>
- [3] <http://www.snowblowersatjacks.com/Snow-Blower-History.aspx>
- [4] <http://www.greenworkstools.com/product-category/outdoor-power-equipment/snow/>
- [5] <https://www.snowjoe.com/>
- [6] <https://www.ryobitools.com/outdoor/products/list/category/snow-blowers>
- [7] <https://www.bosch-professional.com/de/de/akkus-ladegeraete-212566-ocs-c/>
- [8] <http://www.pingbattery.com/whats-lifepo4/>
- [9] <http://www.pingbattery.com/>
- [10] <http://www.lifepo4.in/>
- [11] <https://bmsbattery.com/>
- [12] Štorga, M., Marjanović, D.: *Tehnički upitnik i definicija cilja*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda, Kolegij: Teorija konstruiranja, 2013. (predavanja)
- [13] Štorga, M., Marjanović, D.: *Funkcija proizvoda*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda, Kolegij: Razvoj proizvoda, 2012. (predavanja)
- [14] <http://www.pingbattery.com/servlet/the-13/48V-10AH-V2.5-LiFePO4/Detail>
- [15] <http://www.smartautomation.com.cn/ProductShow.asp?ArticleID=683>
- [16] Opalić, M.: *Prijenosnici snage i gibanja*, FSB, Zagreb, 1998.
- [17] http://www.clark-transmission.com/images/pdf/carlisle/energy_loss_and_belt_efficiency.pdf
- [18] <http://www.fsavalanche.org/density-snow-1/>
- [19] <http://sciencelearn.org.nz/Contexts/Icy-Ecosystems/Looking-closer/Snow-and-icedensity>
- [20] Decker, K-H.: *Elementi strojeva*, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 2006.
- [21] <http://www.optibelt.com/fileadmin/content/pdf/Produkte/EN/Optibelt-TH-v-belt-drives.pdf>
- [22] Paar, V.: *FIZIKA 1*, Školska knjiga, Zagreb, 2006.
- [23] <http://www.strojopromet.com/inox-cijevi-besavne/>

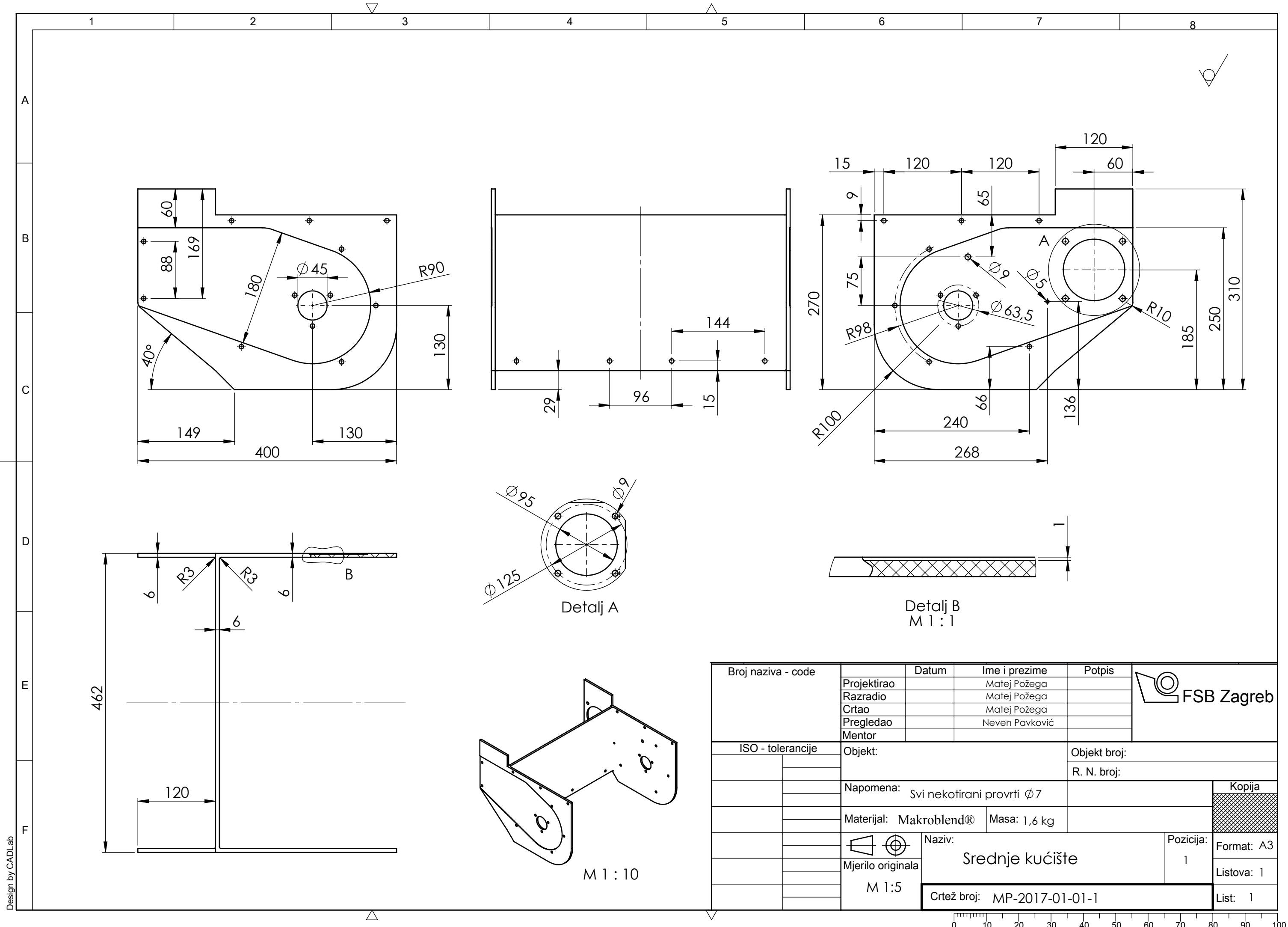
- [24] http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br.dp/RRY..-VA*RRY12-VA;abErxqkqZeZh
- [25] http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br.pr/60*6004;abErxqkqZeZh
- [26] <http://www.boerger-motorgeraete.eu/Ersatzteile-rasenmaeher/Raeder---Radbolzen/Ersatzraeder--Raeder-fuer-Rasenmaeher/FLYMO-Ersatzraeder--Raeder/Flymo-Rasenmaeher-Kunststoff-Rad---Laufrad---5138632.html>
- [27] <https://www.amazon.co.uk/Flymo-5050054039-Lawnmower-Assembly-Compact/dp/B00JHDV8B6>
- [28] <http://www.lakincorp.com/products/snowthrower.html>
- [29] <http://www.plastics.covestro.com/Products/Makroblend/>

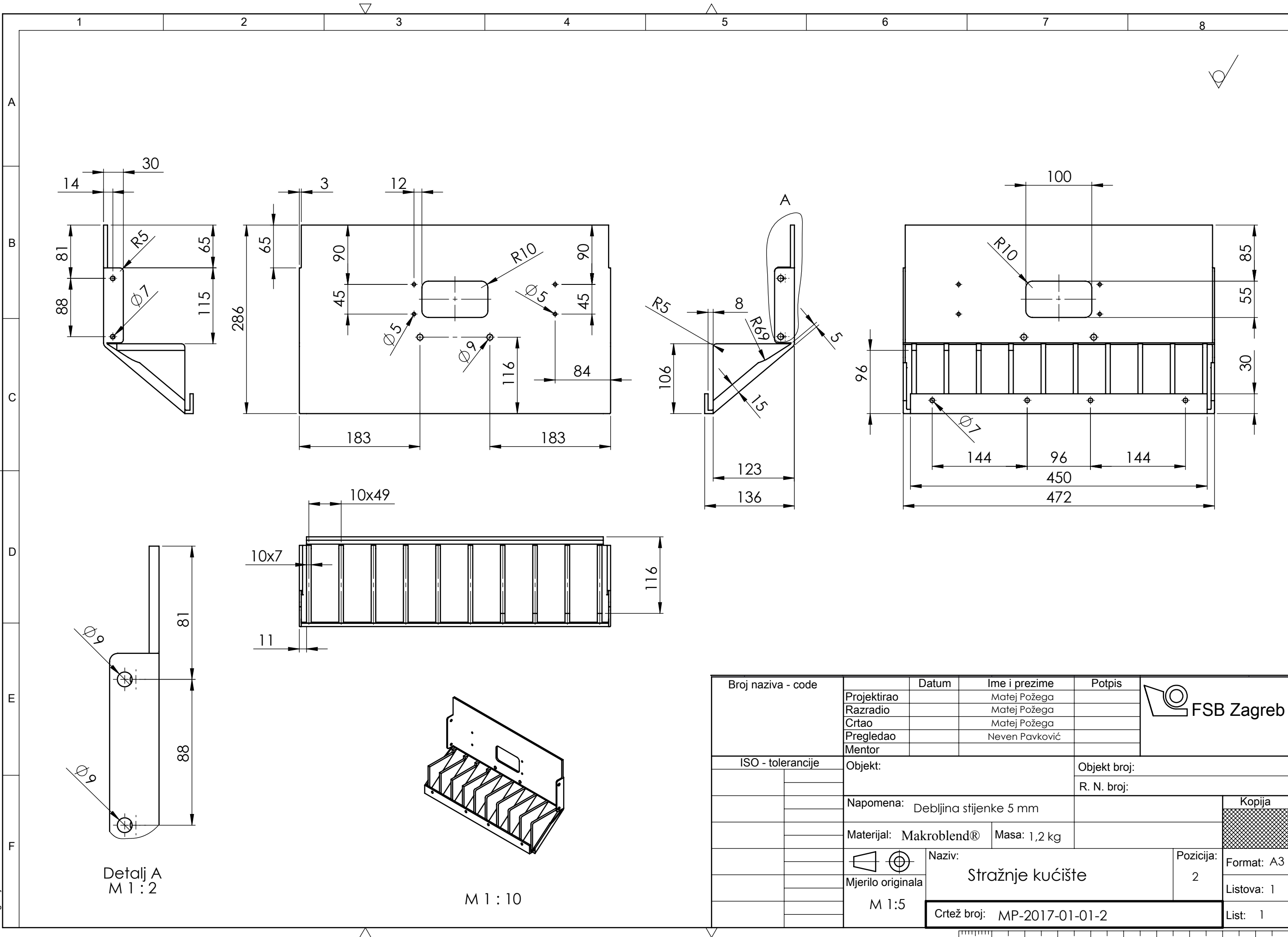
PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija





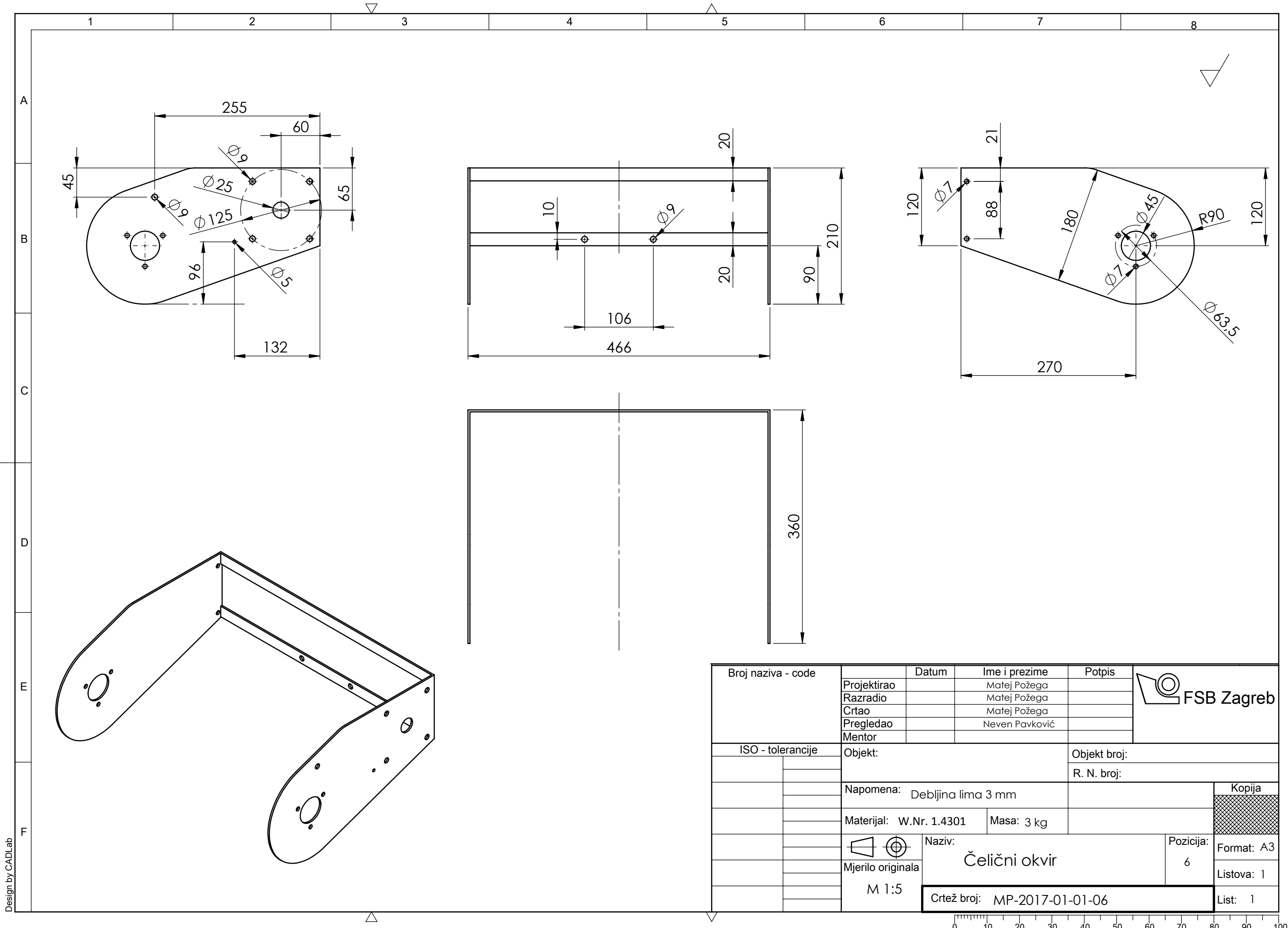


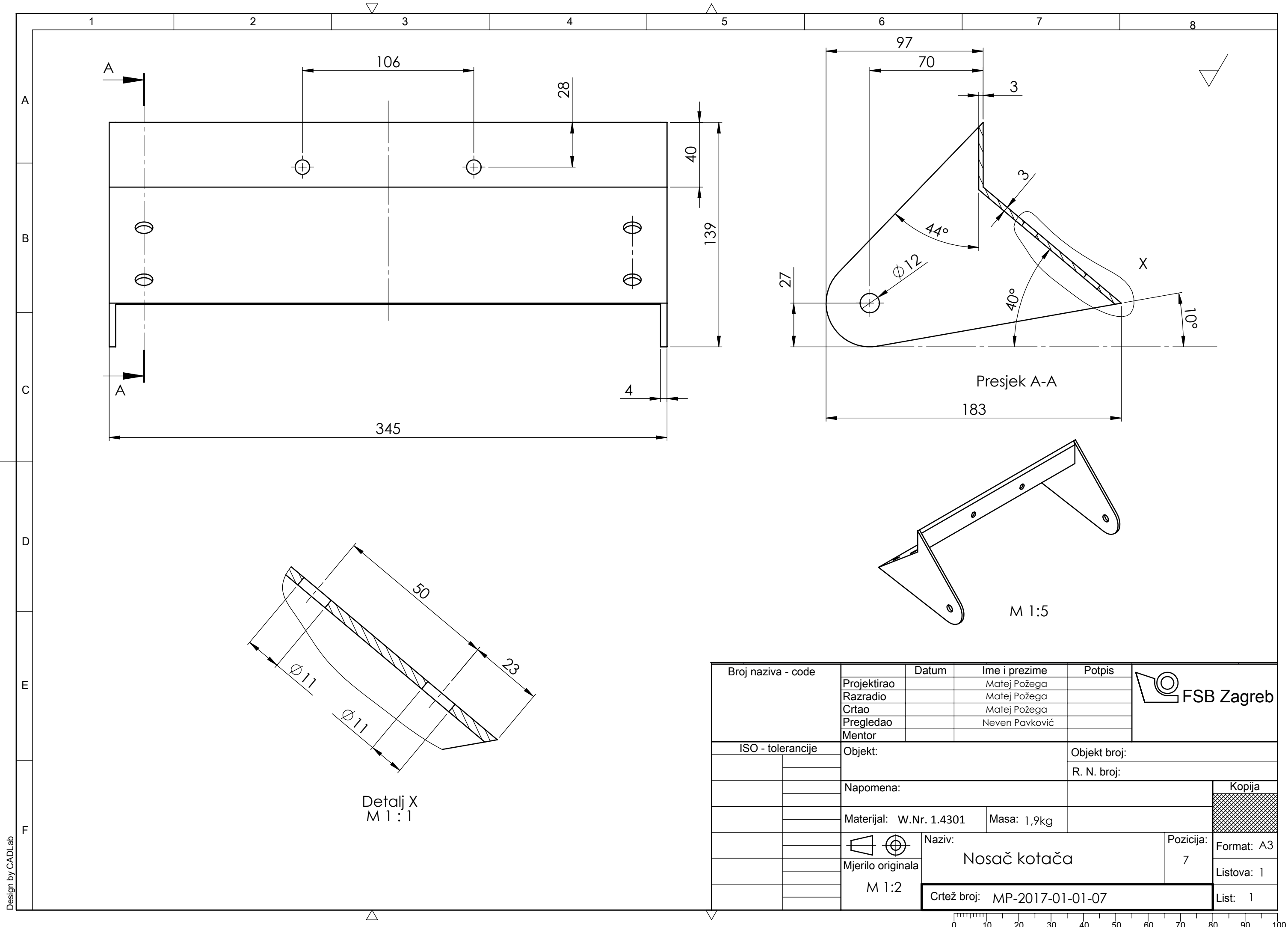


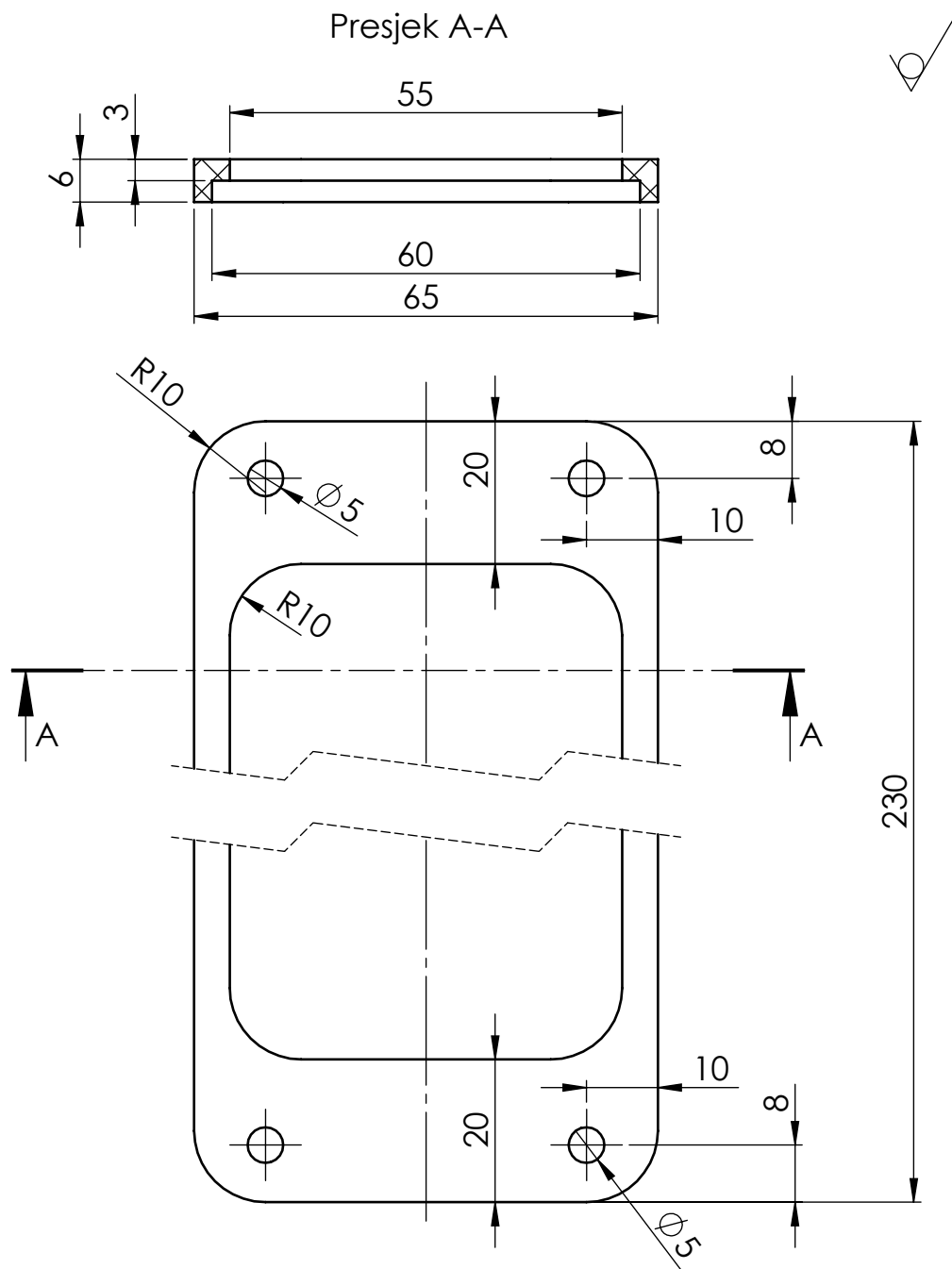
Detalj A
M 1 : 2



M 1 : 10

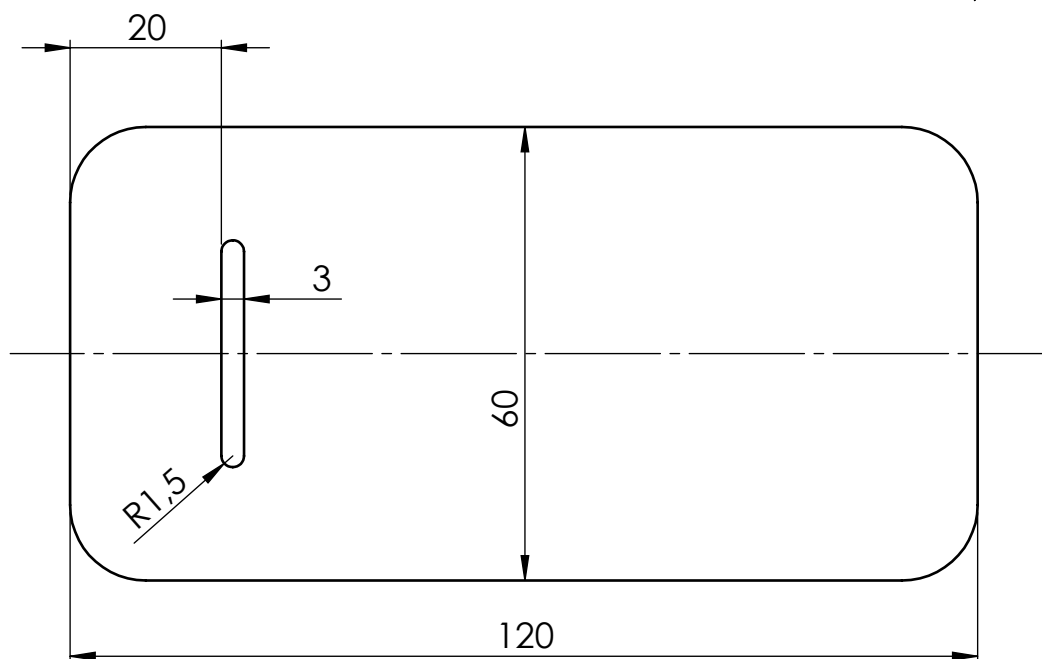
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao		Matej Požega		
	Razradio		Matej Požega		
	Crtao		Matej Požega		
	Pregledao		Neven Pavković		
	Mentor				
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
		Napomena: Debljina stijenke 5 mm			Kopija
		Materijal: Makroblend® Masa: 1,2 kg			
			Naziv: Stražnje kućište		Pozicija: 2
		Mjerilo originala			Format: A3
		M 1:5	Crtež broj: MP-2017-01-01-2		Listova: 1
					List: 1



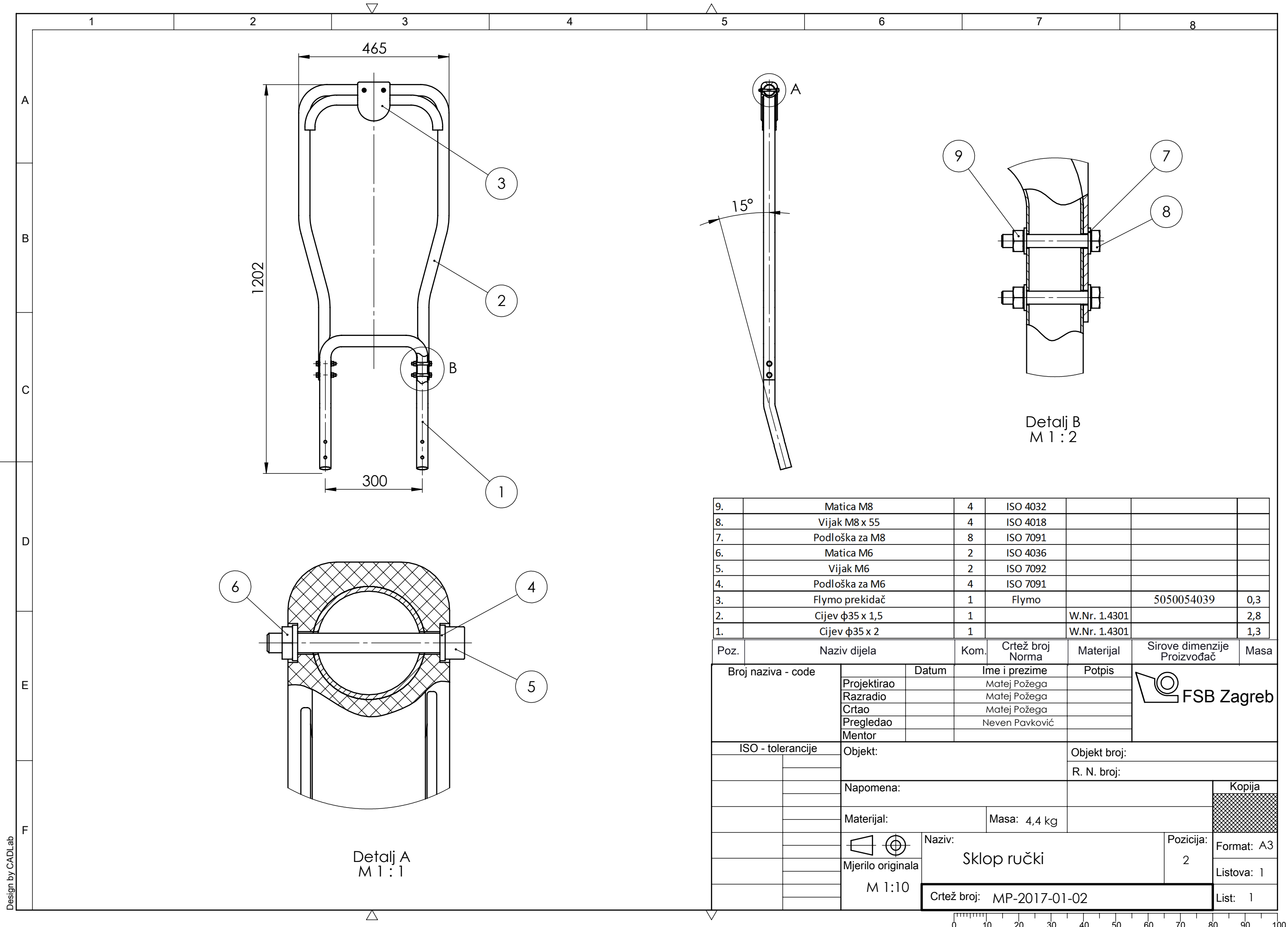


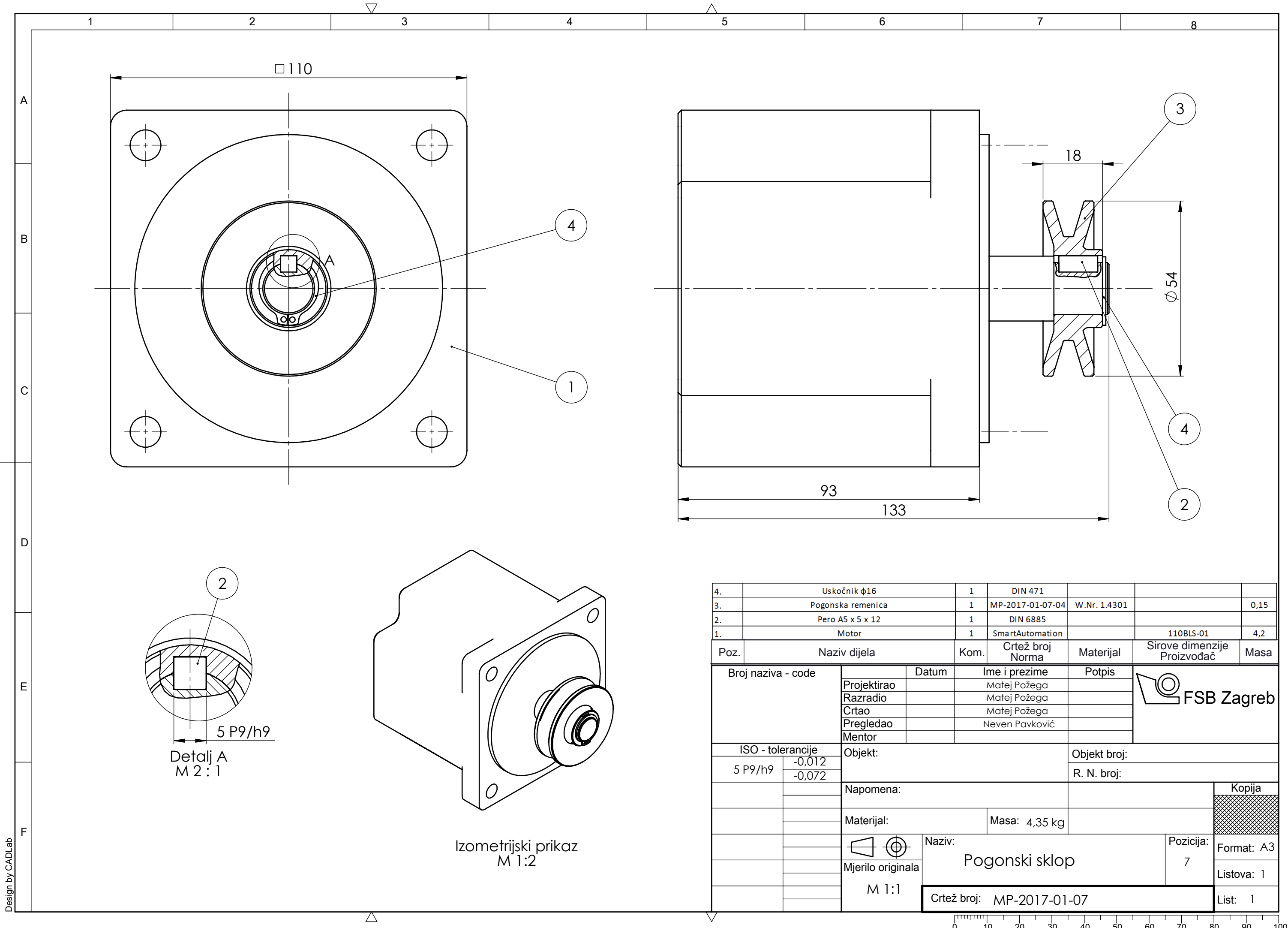


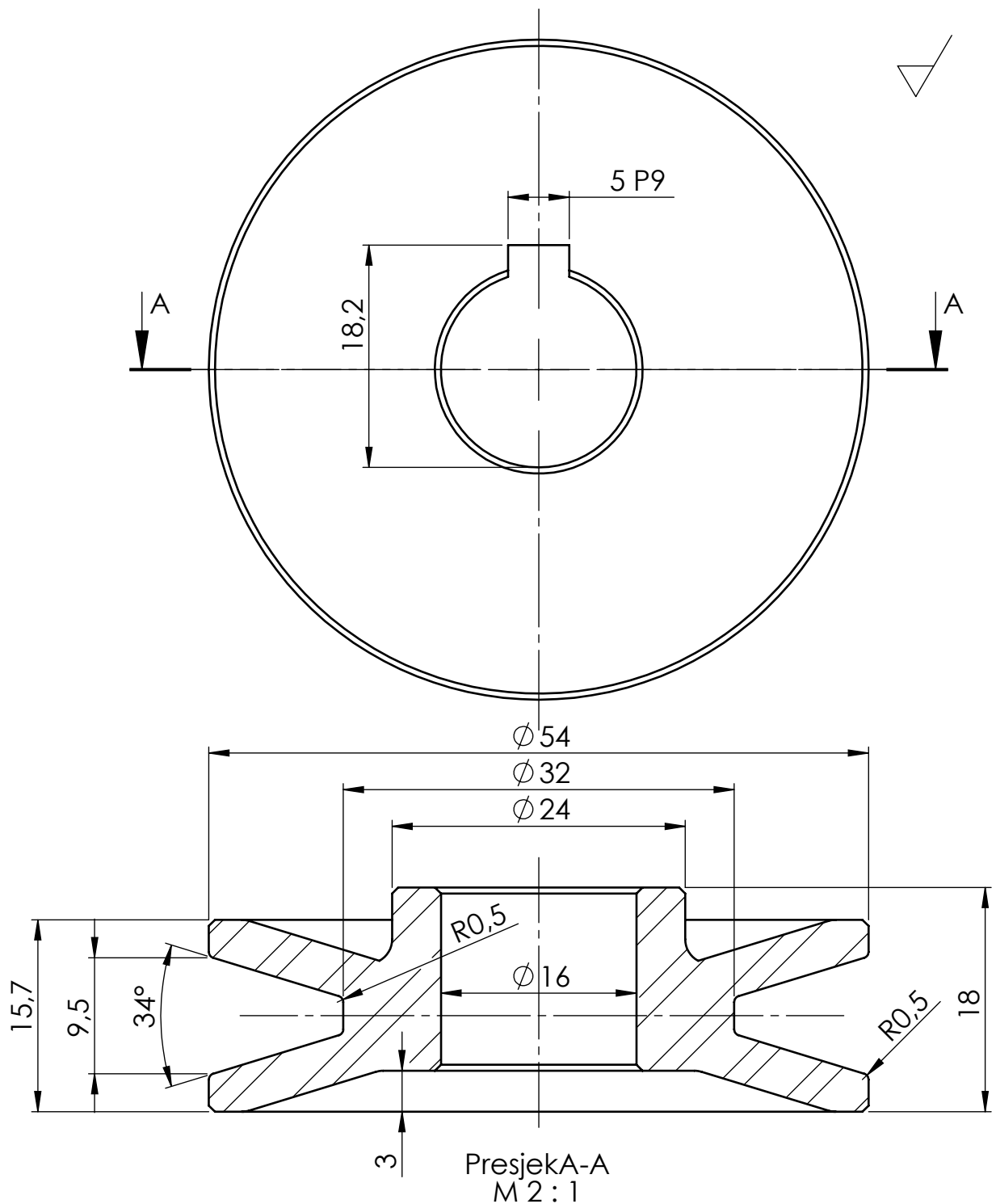
Broj naziva - code	Datum		Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao		Matej Požega			
	Razradio		Matej Požega			
	Crtao		Matej Požega			
	Pregledao		Neven Pavković			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Kopija	
		Materijal: Makroblend®		Masa: 0,02 kg		
			Naziv:			Pozicija:
		Mjerilo originala	Klizač za vratašca			11
		M 1:1	Crtež broj: MP-2017-01-01-11			Format: A4
						Listova: 1
						List: 1



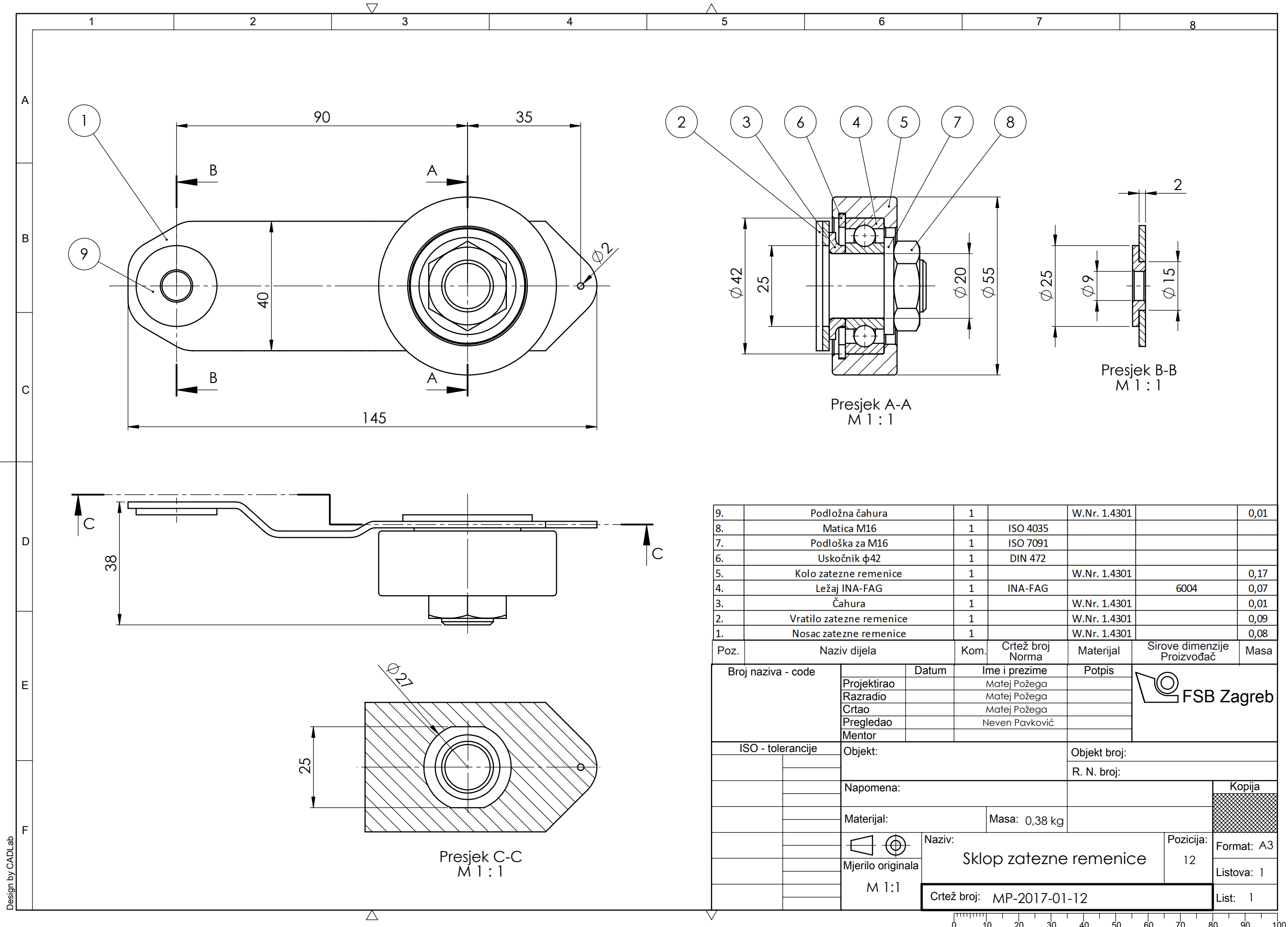
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio		Matej Požega		
	Crtao		Matej Požega		
	Pregledao		Neven Pavković		
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				
	Materijal: Makroblend®			Masa: 0,02 kg	
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Vratašca			12
	M 1:1	Crtež broj: MP-2017-01-01-12			List: 1

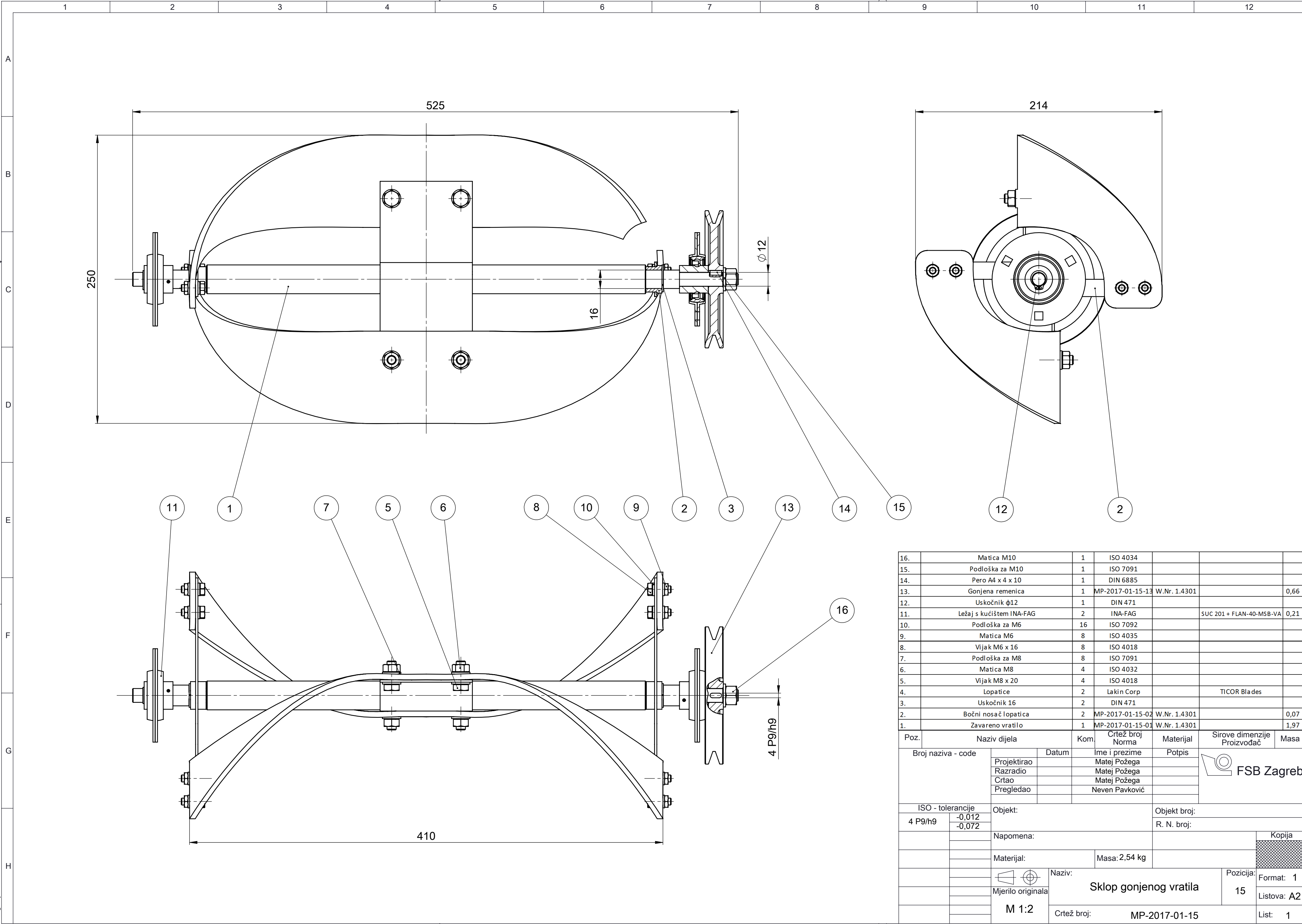






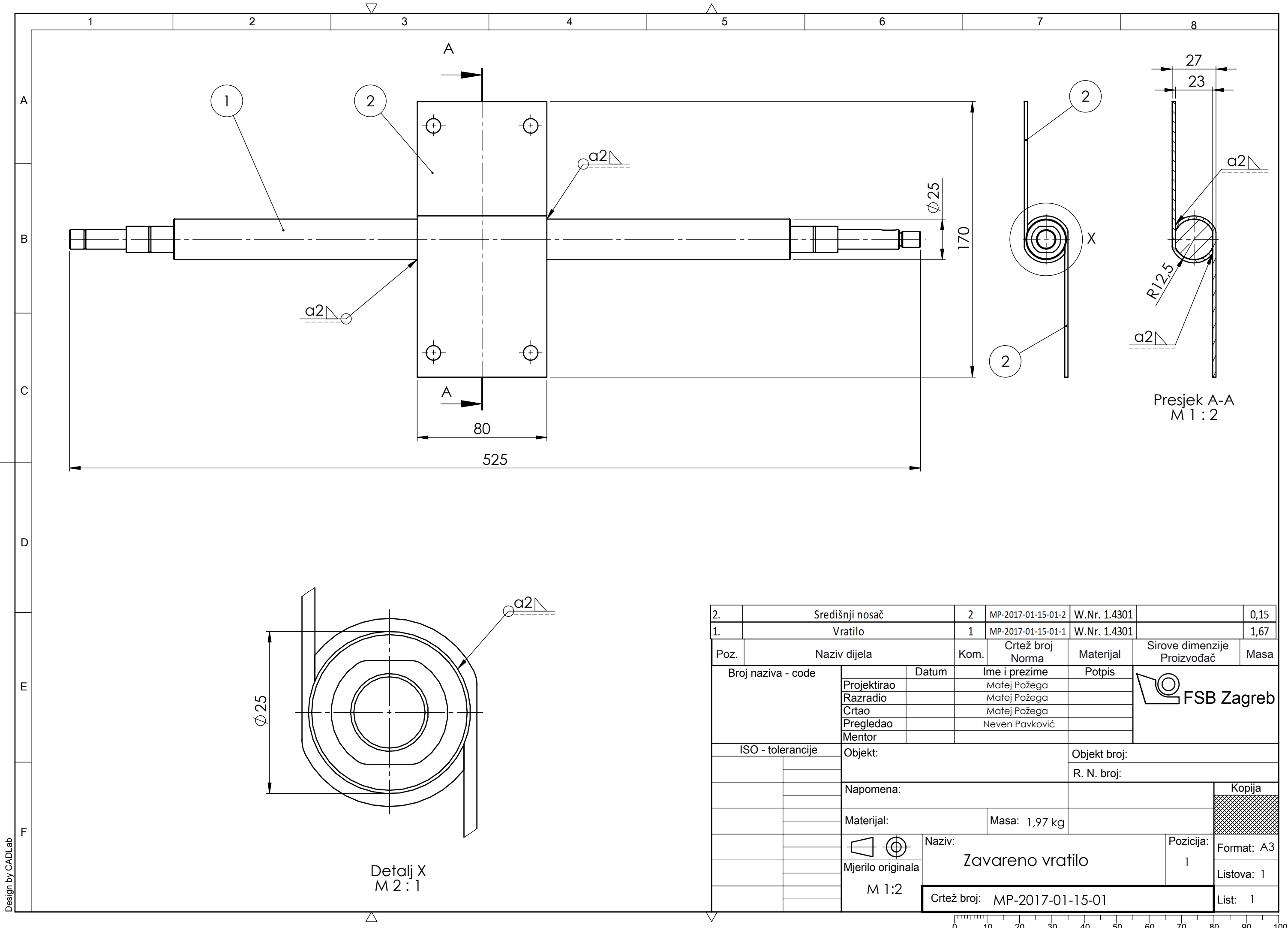
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	Matej Požega			
		Razradio	Matej Požega			
		Crtao	Matej Požega			
		Pregledao	Neven Pavković			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
5 P9	-0,012 -0,042				R. N. broj:	
		Napomena: Sva skošenja 0,5/45°			Kopija	
		Materijal: W.Nr. 1.4301			Masa: 0,15 kg	
		Naziv:			Pozicija:	
		Mjerilo originala			4	
		M 2:1			Format: A4	
		Crtež broj: MP-2017-01-07-04			Listova: 1	
					List: 1	

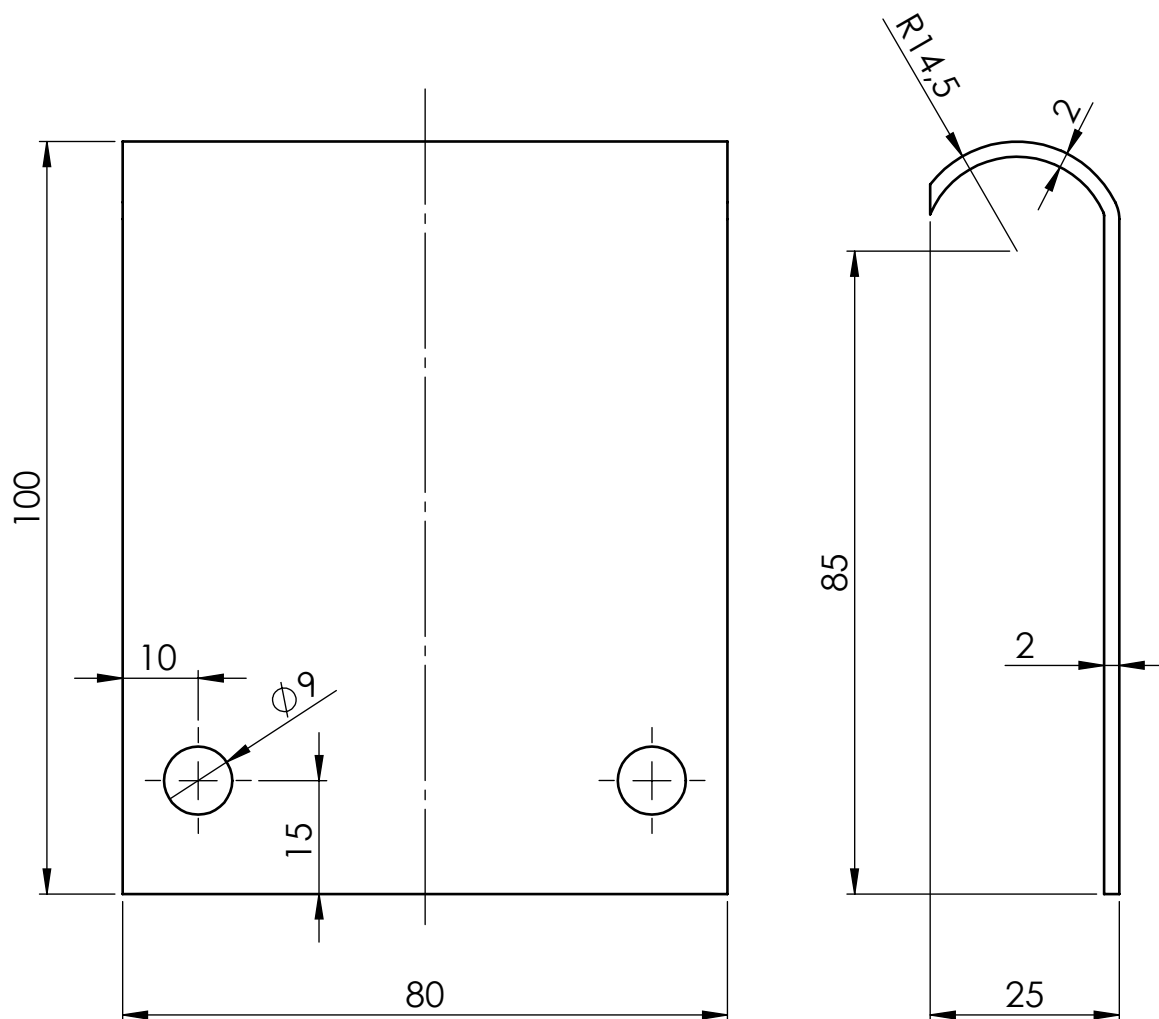




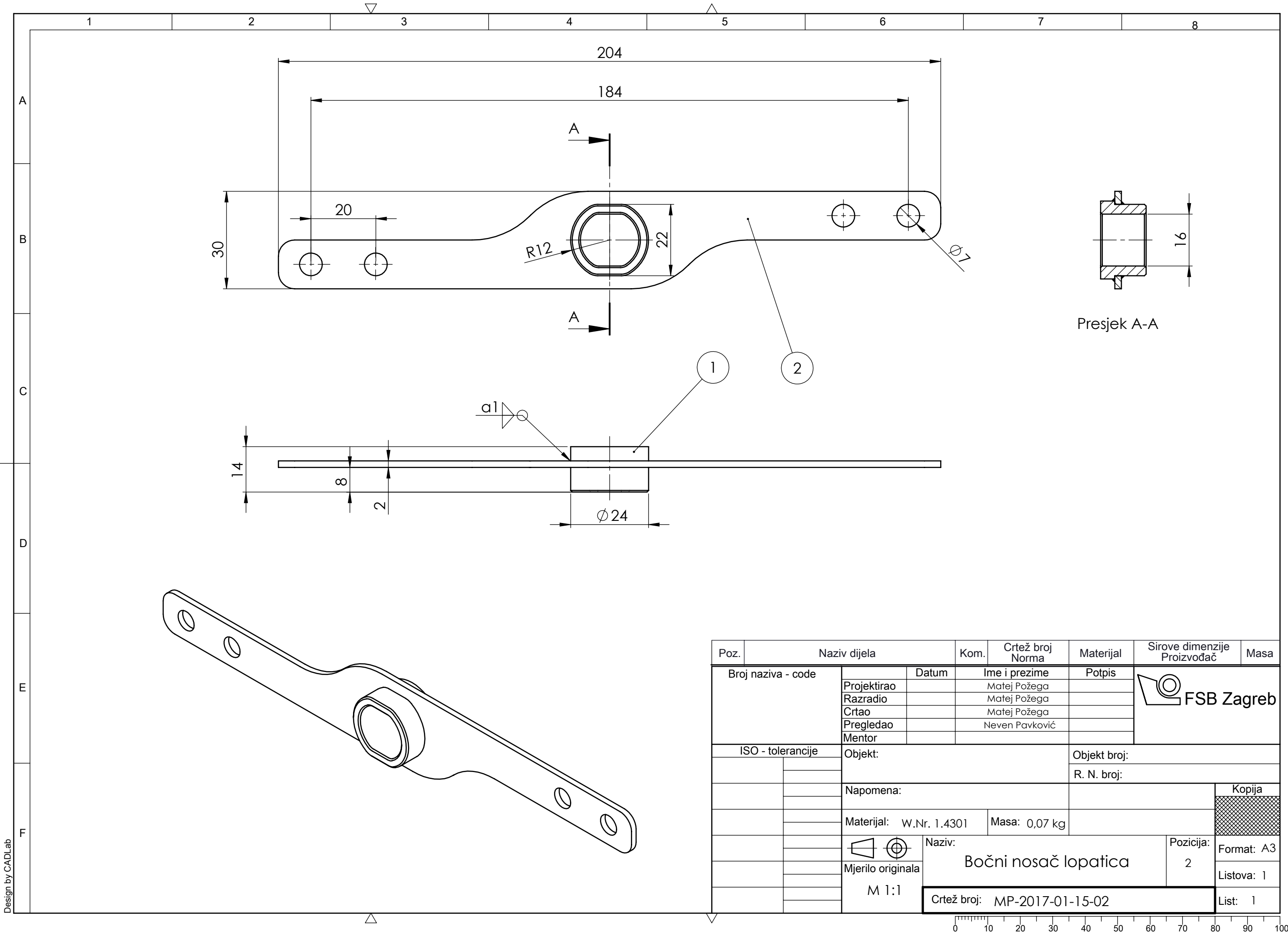
16.	Matica M10	1	ISO 4034			
15.	Podloška za M10	1	ISO 7091			
14.	Pero A4 x 4 x 10	1	DIN 6885			
13.	Gonjena remenica	1	MP-2017-01-15-13	W.Nr. 1.4301		0,66
12.	Uskočnik $\phi 12$	1	DIN 471			
11.	Ležaj s kućištem INA-FAG	2	INA-FAG		SUC 201 + FLAN-40-MSB-VA	0,21
10.	Podloška za M6	16	ISO 7092			
9.	Matica M6	8	ISO 4035			
8.	Vijak M6 x 16	8	ISO 4018			
7.	Podloška za M8	8	ISO 7091			
6.	Matica M8	4	ISO 4032			
5.	Vijak M8 x 20	4	ISO 4018			
4.	Lopaticе	2	Lakin Corp		TICOR Blades	
3.	Uskočnik 16	2	DIN 471			
2.	Bočni nosač lopatica	2	MP-2017-01-15-02	W.Nr. 1.4301		0,07
1.	Zavareno vratilo	1	MP-2017-01-15-01	W.Nr. 1.4301		1,97


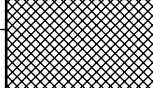
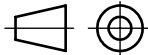
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao		Matej Požega			
		Razradio		Matej Požega			
		Crtao		Matej Požega			
		Pregledao		Neven Pavković			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
4 P9/h9	-0,012				R. N. broj:		
	-0,072						
		Napomena:					
		Materijal:		Masa: 2,54 kg			
			Naziv: Sklop gonjenog vratila			Pozicija:	Kopija
	Mjerilo originala					15	Format: 1
	M 1:2						Listova: A2
		Crtež broj:			MP-2017-01-15		List: 1

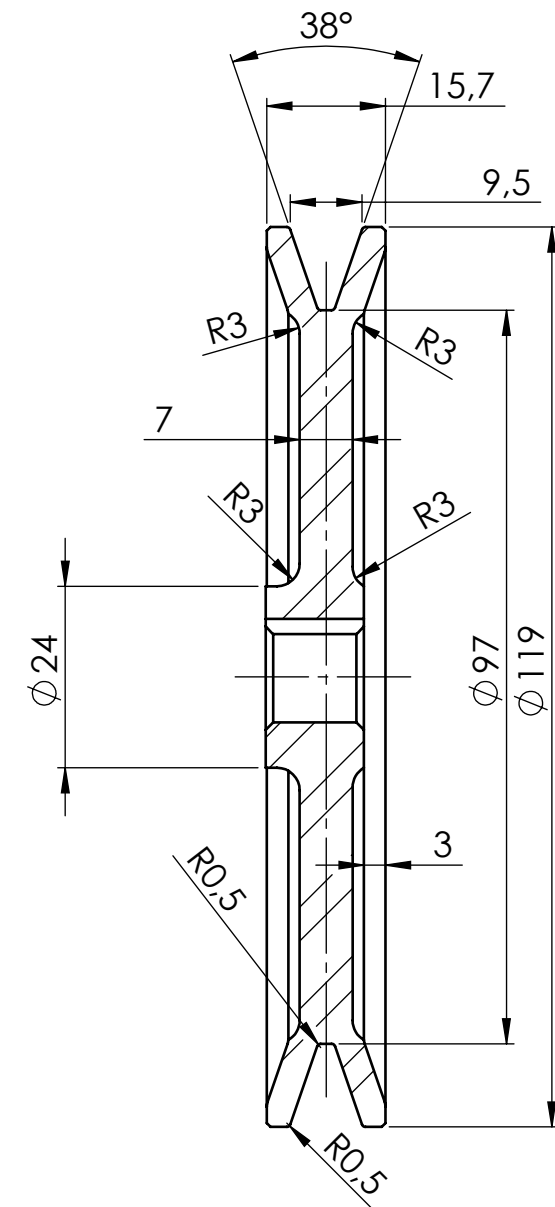
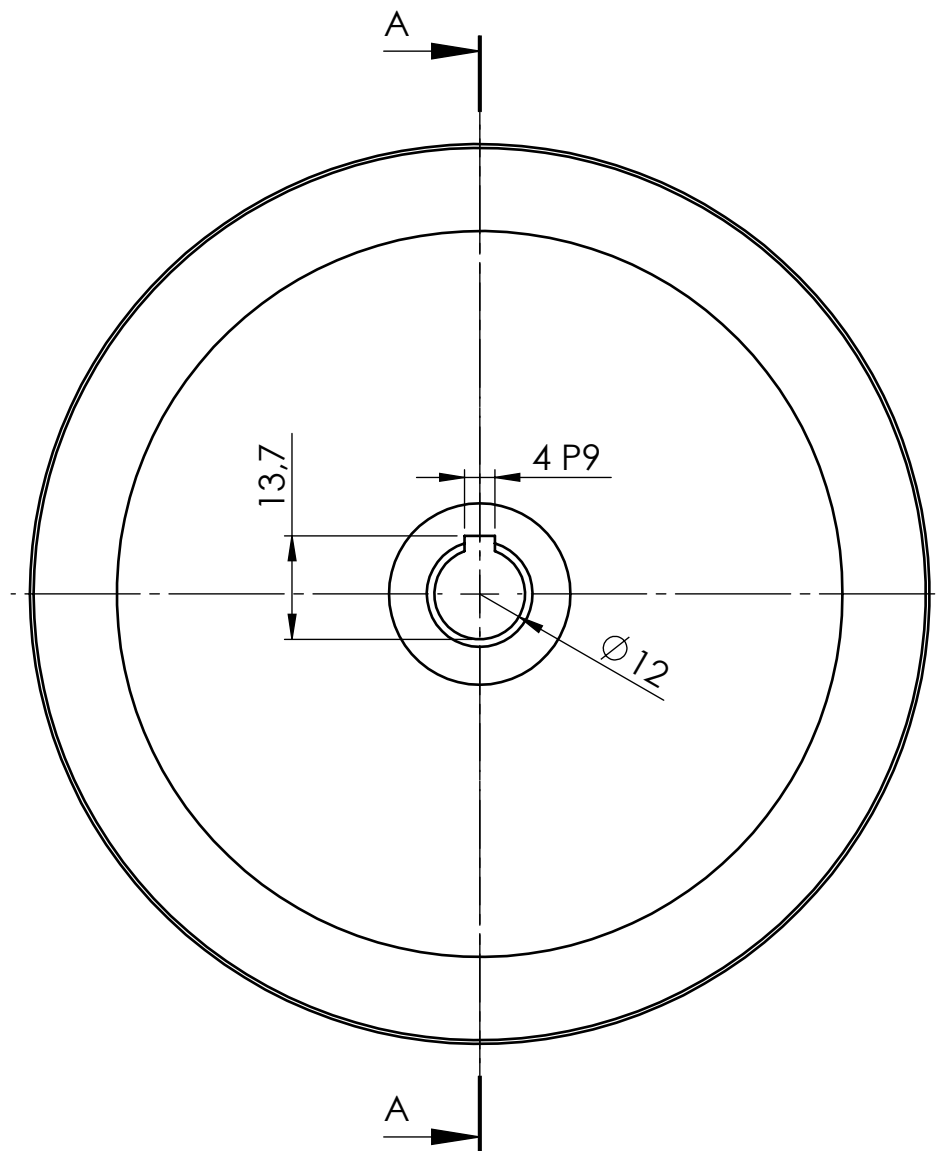




Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Razradio		Matej Požega		
	Crtao		Matej Požega		
	Pregledao		Neven Pavković		
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Skinuti oštre bridove				
	Materijal: W.Nr. 1.4301		Masa: 0,15 kg		
		Naziv:		Pozicija:	Kopija
		Središnji nosač		2	Format: A4
	Mjerilo originala				Listova: 1
	M 1:1	Crtež broj: MP-2017-01-15-01-2			List: 1



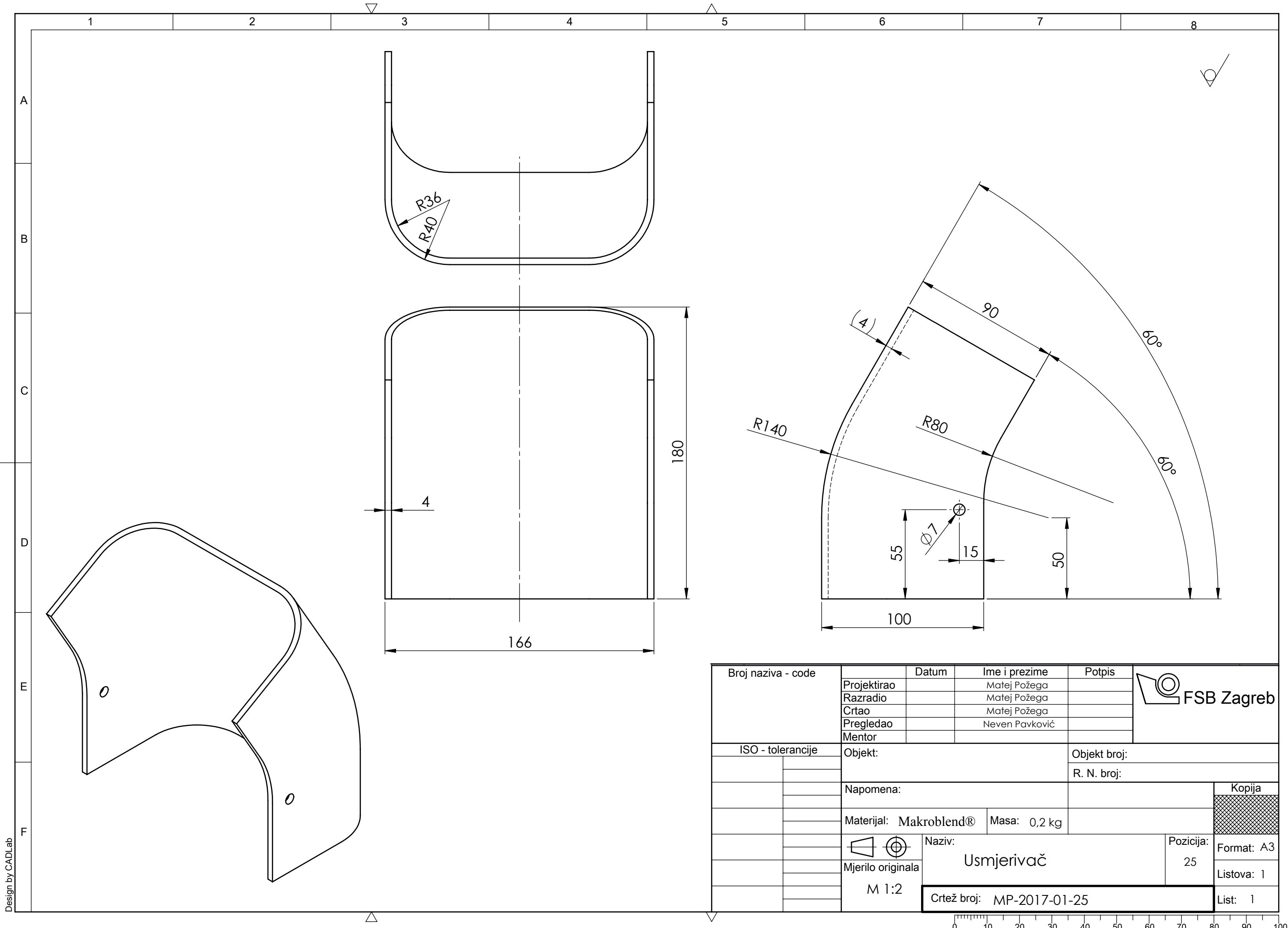
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao		Matej Požega			
		Razradio		Matej Požega			
		Crtao		Matej Požega			
		Pregledao		Neven Pavković			
		Mentor					
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
					R. N. broj:		
		Napomena:					
		Materijal: W.Nr. 1.4301		Masa: 0,07 kg			
			Naziv: Bočni nosač lopatica			Pozicija:	
						2	
		Mjerilo originala	Crtež broj: MP-2017-01-15-02			Format: A3	
		M 1:1				Listova: 1	
						List: 1	



Presjek A-A
M 1:1

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb	
Projektirao			Matej Požega			
Razradio			Matej Požega			
Crtao			Matej Požega			
Pregledao			Neven Pavković			
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
4 P9	-0,012				R. N. broj:	
	-0,042					
		Napomena: Sva skošenja 1/45°			Kopija	
		Materijal: W.Nr. 1.4301 Masa: 0,66 kg				
		Naziv: Gonjena remenica			Pozicija: 13	
		Mjerilo originala M 1:1			Format: A3	
		Crtež broj: MP-2017-01-15-13			Listova: 1	
					List: 1	

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
	Razradio		Matej Požega			
	Crtao		Matej Požega			
	Pregledao		Matej Požega			
	Mentor		Neven Pavković			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Kopija	
		Materijal: Makroblend®			Masa: 0,2 kg	
		Naziv:			Pozicija:	
		Mjerilo originala			25	
		M 1:2			Format: A3	
		Crtež broj: MP-2017-01-25			Listova: 1	
					List: 1	

